

**ISSN 0355-1180**

**HELSINGIN YLIOPISTO**

**Elintarvike- ja ravitsemustieteiden osasto**

**EKT-sarja 1884**

**GLUTEENITTOMAN TAIKINAN KONSISTENSSI JA  
LEIVONTALAATU**

**Paula Pitkänen**

**Helsinki 2019**

Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty		Laitos/Institution – Department
Maatalous-metsätieteellinen		Elintarvike- ja ravitsemustieteet
Tekijä/Författare – Author		
Paula Pitkänen		
Työn nimi / Arbetets titel – Title		
Gluteenittoman taikinan konsistenssi ja leivontalaatu		
Oppiaine / Läroämne – Subject		
Elintarviketeknologia (viljateknologia)		
Työn laji/Arbetets art – Level	Aika/Datum – Month and year	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages
Maisterin tutkielma	Marraskuu 2019	75
Tiivistelmä/Referat – Abstract		
<p>Gluteeniton leivonta poikkeaa perinteisestä vehnäleivonnasta suuresti, sillä taikinassa ei ole rakennetta tukevaa gluteeniverkostoa. Vehnäjauhojen gluteeni muodostaa veden kanssa sekoittuessaan sitkon, jonka viskoelastiset ominaisuudet ovat vastuussa vehnän erinomaisista leivontaominaisuuksista. Gluteenittomassa leivonnassa rakennetta parannetaan tärkkelystä ja hydrokolloideja käyttäen. Keliakia, gluteeniyliherkkyys sekä vilja-allergia ovat terveydellisiä syitä välttää gluteenia sisältäviä viljoja eli vehnää, ohraa ja ruista. Vehnäjauhoille farinografilla määritettävä vedensidonta on hyvä tapa ennustaa jauhojen leivontalaatua, mutta gluteenittomille jauhoille tällaista menetelmää ei ole. Kirjallisuusosiossa tarkasteltiin näitä aiheita. Tämän tutkielman kokeellisen osuuden tarkoituksena oli selvittää, soveltuisiko gluteenittoman taikinan konsistenssin mittaus leivontalaadun arviointiin.</p> <p>Tattarista, tapiokatärkkelyksestä ja psylliumista valmistettujen taikinoiden konsistenssia tutkittiin aineenkoestuslaitteella (Texture Analyser) etenevällä ja käänteisellä ekstruusiolla. Menetelmissä näyteastiassa olevaan taikinaan kohdistetaan kohtisuora voima levykoettimella ja näytteestä mitattiin puristusjännitystä puristuksen etenemisen suhteen. Taikinat tehtiin kolmella eri veden määrällä taikinatulosten ollessa 190, 200 ja 210. Lisäksi taikinan konsistenssia tutkittiin eri sekoituksilla: tattarijauho; tattarijauho ja tärkkelys sekä tattarijauho, tärkkelys ja psyllium. Konsistenssia mitattiin näillä taikinatuloksilla ja sekoituksilla myös farinografisekoituksessa. Koeleivonnalla tutkittiin taikinan leivontalaatua eri taikinatuloksilla. Leivistä mitattiin tilavuus, sisuksen rakenne ja kovuus tekstuuriprofiilianalyysillä aineenkoestuslaitteella ja leipiä arvioitiin myös aistinvaraisesti.</p> <p>Käänteinen ekstruusio soveltui menetelmänä parhaiten taikinoiden konsistenssin mittaukseen sillä se oli toistettava ja käytännöllisempi menetelmä kuin etenevä ekstruusio. Veden osuuden suureneminen pienensi konsistenssia ja farinografilla saadut konsistenssitulokset olivat linjassa näiden tulosten kanssa. Eroja saatiin myös leivistä tehdystä aistinvaraisesta arvioinnista. Leivän maun voimakkuus ja huokoskoko oli suurin leivissä, joiden taikinan konsistenssi oli suurin. Mitä enemmän vettä oli käytetty taikinassa, sitä pehmeämpi ja kosteampi leivästä tuli ja leipä säilytti pehmeytensä parhaiten säilyvyyskokeessa. Käänteinen ekstruusimenetelmä sopii gluteenittomille tattaritaikinoille, sillä se oli toistettava ja suoraviivainen menetelmä. Sen avulla taikinan vedensidontaa voidaan ennakoida ja optimoida leivän rakenteen ja rakenteen säilyvyyden kannalta.</p>		
Avainsanat – Nyckelord – Keywords		
tattari, gluteeniton, leivontalaatu, taikina, konsistenssi		
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited		
HELDA – Helsingin yliopiston digitaalinen arkisto		
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information		
EKT-sarja 1884. Julkinen 25.11.2019		

Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty		Laitos/Institution – Department
Faculty of Agriculture and Forestry		Food and Nutrition
Tekijä/Författare – Author		
Paula Pitkänen		
Työn nimi / Arbetets titel – Title		
Gluten free dough consistency and baking quality		
Oppiaine / Läroämne – Subject		
Food Technology (Cereal technology)		
Työn laji/Arbetets art – Level	Aika/Datum – Month and year	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages
M. Sc. Thesis	November 2019	75
<p>Tiivistelmä/Referat – Abstract</p> <p>Gluten free baking differentiates from traditional wheat baking by the lack of structure stabilizing gluten network. The gluten in wheat flour mixed with water creates a visco-elastic dough that makes a good quality bread. In gluten free baking the structure of bread is improved with starches and hydrocolloids. Celiac disease, gluten yliherkkyys and wheat allergy are health related reasons to avoid gluten from wheat, barley and rye. There is no method for gluten free flours to predict the quality of the baked product like there is the farinograph water absorption method for wheat flour. These topics are discussed in the literature part of this work. The aim of this research was to look into the connection between gluten free dough consistency and the quality of baked bread.</p> <p>In the experimental part three different dough yields were selected: 190, 200 and 210. All dough yields were used with three different mixtures in consistency measurements: 100% buckwheat, 70 % buckwheat and 30 % tapioca and addition of 1 % psyllium to the latter mixture. Two different methods were tested (forward and backward extrusion) with Texture Analyser with all different dough variations. The principle in both methods are the same: the tests measure the compression force required for a piston to extrude the dough in a sample container. The doughs consistency and behavior were studied with farinograph to see if the results were consistent. Baking test was done with different dough yields with buckwheat, tapioca and psyllium mixture. Volume, baking loss and color were determined. Texture Profiler Analysis (TPA) was done 24h and 48h after baking. A sensory analysis conducted by professional panelists was done where porosity, softness, dryness, sponginess and intensity of buckwheat taste were assessed.</p> <p>Backward extrusion was found to be a better method for measuring consistency of the doughs. The results showed how the increasing water amount decreased consistency and same results were obtained with farinograph. Differences between breads were found with the sensory analysis as well. Intensity of flavor and porosity increased in bread with lower water amount whereas softness and moistness increased with increasing water amount when also the bread remained softer for longer. As a conclusion it can be stated that the backward extrusion is a suitable and reproducible method for buckwheat dough consistency measurements. Water absorption, bread structure and shelf life can be predicted and optimized based on consistency.</p>		
Avainsanat – Nyckelord – Keywords		
buckwheat, gluten free, baking quality, dough consistency		
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited		
HELDA – The Digital Repository of University of Helsinki		
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information		
EKT Series 1884. Public 25.11.2019		

## ESIPUHE

Tämä maisterintutkielma tehtiin Helsingin yliopiston elintarvike- ja ravitsemustieteiden osastolla uudistetun prosessilaboratorion tiloissa yliopistonlehtori Tuula Sontag-Strohmin ohjauksessa. Sain kunnian tehdä työn kokeellisen osuuden yhdessä Milanon yliopistosta saapuneen italialaisen Erasmus vaihto-oppilaan Giulia Fogaton kanssa. Yhdessä saimme kokea niin onnistumisia kuin pieniä vastoinkäymisiäkin tänä aikana ja se teki tutkimuksen läpiviennistä entistäkin mielekkäämpää ja olemme nyt molemmat monta kokemusta rikkaampia.

Suuri kiitos kuuluu Tuulalle työn ohjauksesta ja ajan löytämisestä kysymyksien vastaamiseen kiireenkin keskellä. Apulaisprofessoria ja työn valvojaa Kati Katinaa haluan kiittää vinkeistä aineenkoestuslaitteen kanssa. Myös tutkimusteknikko Mikko Kangas ansaitsee suuret kiitokset, sillä hän oli aina paikalla valmiina auttamaan, kun ongelmia ilmeni.

Suurin kiitos kuitenkin kuuluu perheelleni, Markolle ja pojallamme Aaronille. Ilman heitä ja heidän tukeaan ja kannustustaan en olisi tässä. Heidän mielipiteensä valmiista tattarileivästä oli minulle tärkein ja voinkin paljastaa, että tattarileipää leivottiin myös kotona kokeellisen osuuden päättymisen jälkeenkin.

Keravalla 25.11.2019

Paula Pitkänen

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## ESIPUHE

## SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	7
2	KIRJALLISUUSTUTKIMUS	9
2.1	Gluteenittomuus	9
2.1.1	Keliakia	9
2.1.2	Leivontateknologia	10
2.2	Tattari leivontaraaka-aineena	17
2.2.1	Viljely ja käyttö	17
2.2.2	Rakenne	18
2.3	Jauhojen konsistenssin mittaamenetelmät	19
2.3.1	Farinografi	19
2.3.2	Texture Analyser – ekstruusiomenetelmät	21
3	KOKEELLINEN TUTKIMUS	24
3.1	Materiaalit ja menetelmät	24
3.1.1	Raaka-aineet ja niiden analysointi	24
3.1.2	Etenevä ekstruusio	24
3.1.3	Käänteinen ekstruusio	25
3.1.4	Farinografimittaus tattaritaikinoista	27
3.1.5	Koeleivonta	27
3.1.6	Leipien laatuominaisuudet	28
3.1.7	Leipien aistinvarainen arviointi	29
3.1.8	Tilastollinen testaaminen	29
3.2	Tulokset	30
3.2.1	Raaka-aineanalyysit ja esikokeet	30
3.2.2	Etenevä ekstruusio	31
3.2.3	Käänteinen ekstruusio	33
3.2.4	Farinografimittaus tattaritaikinoista	38
3.2.5	Tattarileivän laatu	39

3.2.6	Tulosten korrelaatio	45
3.3	Pohdinta	45
3.3.1	Esikokeet	45
3.3.2	Ekstruusiomenetelmät	46
3.3.3	Farinografimittaus tattaritaikinoista	48
3.3.4	Leivän laatuominaisuudet	48
4	PÄÄTELMÄT	51
	LÄHDELUETTELO	53
	LIITE 1. Aistinvaraisen arvioinnin lomake	57
	LIITE 2. Huokoskokotaulukko (Dallmann 1981)	58
	LIITE 3. Raaka-aineiden kosteuspitoisuus	59
	LIITE 4. Etenevä ekstruusio konsistenssikäyrät ja tilastolliset analyysit	60
	LIITE 5. Käänteinen ekstruusio konsistenssikäyrät ja tilastollinen testaaminen	63
	LIITE 6. Konsistenssimittausten tulokset	68
	LIITE 7. Leivontalaatu ja sen tilastollinen testaaminen	69
	LIITE 8. TPA tulokset ja tilastollinen testaus	71
	LIITE 9. Aistinvaraisen arvioinnin tilastollinen testaus	72
	LIITE 10. Korrelaatiot	74

## 1 JOHDANTO

Keliakia, gluteeniylherkkyys sekä vilja-allergia ovat terveydellisiä syitä välttää gluteenia sisältäviä viljoja (Catassi ja Fasano 2008). Näitä viljoja ovat vehnä, ohra sekä ruis ja niiden luontainen varastoproteiini gluteeni aiheuttaa keliakiaa sairastavalle henkilölle usein suolistoperäisiä oireita kuten ripulia, ilmavaivoja, vatsan turvotusta sekä kipua. Suolistossa gluteeni aiheuttaa suolinukkavaurioita, jolloin ravintoaineiden imeytyminen häiriintyy. Ainoa hoitokeino on gluteenin poistaminen ruokavaliossa.

Gluteeni on viljojen varastoproteiini, joka sijaitsee jyvän tärkkelystä sisältävässä endospermissä (Koehler ja Wieser 2013). Vehnän gluteeni muodostaa veden kanssa sekoittuessaan taikinaan sitkon, joka tekee taikinasta viskoelastisen ja juuri tämä ominaisuus on vastuussa vehnän erinomaisesta leivontalaadusta. Vehnällä vedensidonta määrää pitkälti jauhojen leivontalaatua (Cauvain 2015b). Vakioitunut menetelmä vedensidonnan ja vehnätaikinan sekoitusominaisuuksien tutkimiseen on Brabenderin Farinografi, jossa jauhoihin sekoitetaan titraamalla vettä, kunnes vehnäleivonnalle optimaalinen taikinan konsistenssin taso 500 farinografiyksikköä on saavutettu.

Gluteenittomien leipien valmistukseen on mahdollista käyttää monia gluteenittomia viljoja, vaeviljoja tai palkokasveja kuten tattaria, puhdasta kauraa, härkäpapua, maissia ja riisiä (Sontag-Strohm ja Salovaara 2017). Leipätaikinasta kuitenkin puuttuvat vehnätaikinan erinomaiset leivontaominaisuudet ja gluteenittomien taikinoiden rakennetta ja säilyvyyttä pyritäänkin parantamaan erilaisia apuaineita kuten tärkkelystä ja hydrokolloideja käyttäen (Arendt ym. 2008).

Viljatuotteista saatava kuitu on arvioitu olevan noin 50 % kokonaiskuidun saannista (Arendt ym. 2008). Tärkkelyspohjaisten gluteenittomien tuotteiden ravintoarvot ovat täysjyväviljoihin verrattuna hyvin heikot ja kuidun saantiin gluteenittomassa ruokavaliossa olisi syytä kiinnittää huomiota (Gallagher 2008). Tattari on proteiinikoostumukseltaan sekä ravintoarvoltaan erinomainen luontaisesti gluteeniton vaihtoehto leivonnassa. Aminohapoista lysiini on muissa viljoissa, kuten vehnässä, rajoittava aminohappo, mutta tattarissa lysiiniä esiintyy noin 2,5-kertainen määrä vehnään verrattuna (Arendt ja Zannini 2013; Schoenlechner 2008). Gluteenittomien tuotteiden kysyntä kasvaa jatkuvasti ja vuonna 2018 uusia markkinoille tulleita ruokaleipiä, jotka saivat gluteenittoman tuotteen merkin, oli lähes 60 (Keliakialiitto 2019 (a)). Näistä ruokaleivistä, jossa tattari tuli tuotteen

nimestä ilmi oli 13 % ja tattari saattaa jatkaa kauran jalanjäljissä kuluttajien suosioon hyvien ravintoarvojen ja terveysvaikutuksien ansiosta.

Gluteenittomille jauhoille ei ole löydetty farinografin vedensidontaa ja taikinan sekoitusta vastaavaa menetelmää, jolla ennustaa leivontalaatua. Jauhojen ja taikinan laadun arviointiin on nyt käytetty koeleivontaa, joka on aikaa vievää ja hidasta. Tämän maisterintutkielman kokeellisessa osassa tarkoituksena oli tutkia gluteenittoman taikinan konsistenssin vaikutusta leivontalaatuun erilaisia jauhosekoituksia ja taikinatuloksia käyttäen. Tavoitteena oli tehdä esitutkimusta soveltaisiko Texture Analyserilla tehtävä etenevä (forward extrusion) tai käänteinen (backward extrusion) ekstruusiomenetelmä konsistenssin mittaukseen. Samalla tarkasteltiin menetelmän soveltuvuutta elintarviketeollisuuteen. Koeleivonnassa käytettiin eri taikinatuloksen taikinoita ja koeleivonnalla pyrittiin saamaan aikaan laadultaan hyväksyttäviä gluteenittomia leipiä, jotka kertoisivat konsistenssin yhteydestä leivontalaatuun.



## 2 KIRJALLISUUSTUTKIMUS

### 2.1 Gluteenittomuus

#### 2.1.1 Keliakia

Keliakia on elinikäinen sairaus, jossa perinnöllisesti alttiin henkilön elimistö ei kestä vehnän, rukiin ja ohran varastoproteiinien eli gluteenin saantia (Catassi ja Fasano 2008). Varastoproteiinit, gliadiini ja gluteniini josta gluteeni muodostuu, näissä viljoissa ja niiden hybrideissä sisältävät paljon proliini (n. 37 %) ja glutamiini (n. 17 %) aminohappoja (Wieser 1996; Biesiekierski 2017). Erityisesti proliinin vuoksi gluteenin proteolyyttinen hajoaminen keliakikkojen ruuansulatuskanavassa on heikkoa, sillä ruuansulatuksen ja haiman entsyymit eivät pysty rikkomaan sen rakennetta (Wieser 1996). Gluteeni aiheuttaa immunologisen reaktion ohutsuolessa, mikä vaurioittaa suolinukkaa ja heikentää näin ravintoaineiden imeytymistä. Ainoa hoitokeino on gluteenin poistaminen ruokavaliossa (Catassi ja Fasano 2008). Länsimaissa on arviolta 1 % ja Suomessa noin 2 % väestöstä keliakiaa sairastavia, joista Suomessa vain kolmannes on diagnosoitu vuonna 2017 (Keliakialiitto (b); Biesiekierski 2017). Aikuisilla ja iäkkäillä keliakian esiintyminen on yleisempää kuin lapsilla.

Keliakiaan liittyy useita erilaisia oireita, joista tyypillisimmät ovat suolisto-ongelmat kuten ripuli, vatsan turvotus, ilmavaivat ja vatsakivut (Catassi ja Fasano 2008). Epätyypillisiä oireita, kuten raudanpuutosanemiaa, hampaiden kiilleaurioita ja pienirakkulaista ihottumaa erityisesti kyynärpäissä (dermatitis herpetiformis, ihokeliakia) voi olla vaikea yhdistää keliakiaan. Lisäksi sairaus voi olla lähes oireeton, jolloin se todetaan usein liitännäissairauksien tutkimusten yhteydessä. Keliakia todetaan ohutsuoletta otettavasta koepalasta, josta nähdään tulehdustila ja suolinukan heikentyminen. Myös verestä määritettävistä vasta-aineista voidaan saada viitteitä keliakiasta. Gluteenittoman ruokavalion seurauksena suolinukka palautuu ennalleen, jolloin myös ravintoaineiden imeytyminen jälleen tehostuu.

Keliakian lisäksi myös yliherkkyys gluteenille voi aiheuttaa vatsaoireita ilman suolinukan heikentymistä (Biesiekierski 2017). Gluteeniyliherkkyys on käsitteenä melko uusi ja lisää tutkimusta sen syntymisestä ja oirekuvasta tarvitaan vielä. Vehnäallergia on oirekuvaltaan erilainen, siihen liittyy perinteisiä allergiaoireita kuten hengitystie- ja ihottumaoireita, jotka johtuvat gliadiinin imeytymishäiriöstä. Myös ärtyneen suolen oireyhtymää (IBS, engl. Irritable Bowl Syndrome) sairastavat henkilöt saavat usein helpotusta ruuansulatuskanavan

oireisiin gluteenittomasta ruokavalioista (Muir ym. 2019; Barmeyer ym. 2017). Oireiden helpottuminen ei tosin johdu gluteenittomuudesta vaan vähentyneestä imeytymättömien hiilihydraattien eli FODMAP-yhdisteiden saannista.

Gluteenittomassa leivonnassa voidaan käyttää muun muassa tattarista, riisistä, maissista ja kikherneestä valmistettuja jauhoja (Thompson 2009). Myös kaura, teff ja hirssi soveltuvat gluteenittomaan leivontaan (Sontag-Strohm ja Salovaara 2017). Kauraa ja sen soveltuvuutta on tutkittu paljon ja sen on todettu soveltuvan gluteenittomaan ruokavalioon kohtuullisesti käytettynä (Janatuinen ym. 1995; Hardman ym. 1997; Hüttner ja Arendt 2010). Kauran soveltuvuus selittyy sen proteiinikoostumuksen eroavaisuuksilla muihin viljoihin nähden (Hüttner ym. 2010). Kaurassa prolamiinia on noin puolet mitä vehnässä, ohrassa ja rukiissa on ja lisäksi kaurassa globuliinit ovat hallitseva proteiiniryhmä, kun taas gluteenia sisältävissä viljoissa sen osuus jää noin 10 %:iin (Sontag-Strohm ym. 2008). Suomessa kaura on hyväksytty gluteenittomaan leivontaan jo vuonna 1997, kun Euroopan Unionissa se hyväksyttiin asetuksella vasta vuonna 2009. Jotta kaura soveltuu gluteenittomaan ruokavalioon, on sen viljelyssä ja käsittelyssä varmistuttava sen puhtaudesta ja kontaminaation ehkäisemisestä vehnän, rukiin ja ohran kanssa.

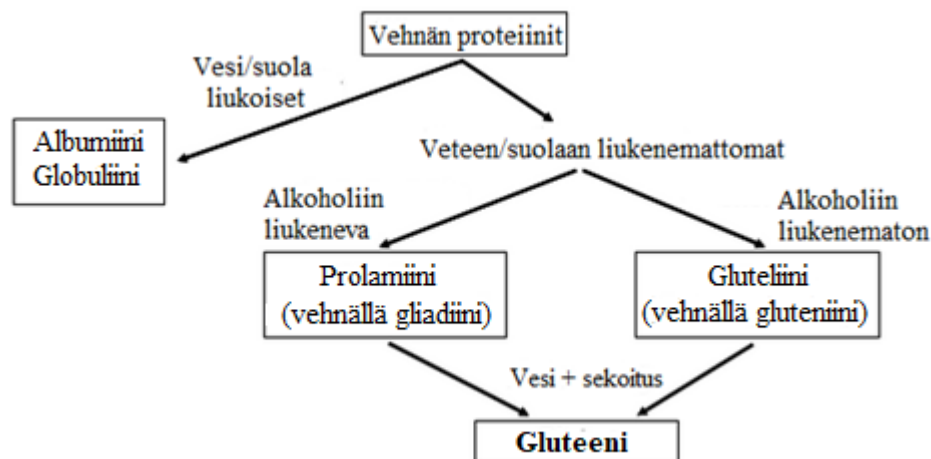
EU on määrittänyt komission asetuksella (EY) N:o 41/2009 koskemaan gluteenittomien tuotteiden valmistusta ja raja-arvoja, joka perustuu kansainväliseen Codex Alimentarius-standardiin. Jotta tuotteen voi nimetä gluteenittomaksi, sen gluteenipitoisuus ei saa ylittää 20 mg/kg ja se myös täyttää täytöntöönpanoasetuksen (828/2014). Tuote voi olla myös erittäin vähägluteeninen, jos gluteenipitoisuus ei ylitä 100 mg/kg tuotteessa. Jos tuote sisältää gluteenitonta kauraa, joka on valmistettu ja käsitelty siten, ettei kontaminaatiota vehnän, ohran ja rukiin kanssa ole tapahtunut, ei sen gluteenipitoisuus saa ylittää 20 mg/kg.

### 2.1.2 Leivontateknologia

#### Gluteeni leivonnassa

Viljojen proteiinit voidaan yksinkertaistetusti jakaa Osbornen mallin mukaisesti neljään eri luokkaan niiden liukenemisominaisuuksien mukaan (kuva 1) (Cauvain 2015a). Albumiinit liukenevat veteen, globuliinit laimeaan suolaveteen, prolamiinit 70-prosenttisiin etanoliliuoksiin ja gluteliinit heikkoihin happoihin ja emäksiin. On kuitenkin huomattu, että proteiinien rakenteet ovat monimutkaisia ja sisältävät monia alaryhmiä, että kontaminaatio luokkien välillä on väistämätöntä (Delcour ja Hoskeney 2010a). Toisaalta tämä yksinkertaistettu malli liukenevuuden mukaan toimii edelleen ensisijaisena

luokitteluna ja on suoraviivainen tapa jaotella viljojen proteiineja (Koehler ja Wieser 2013).

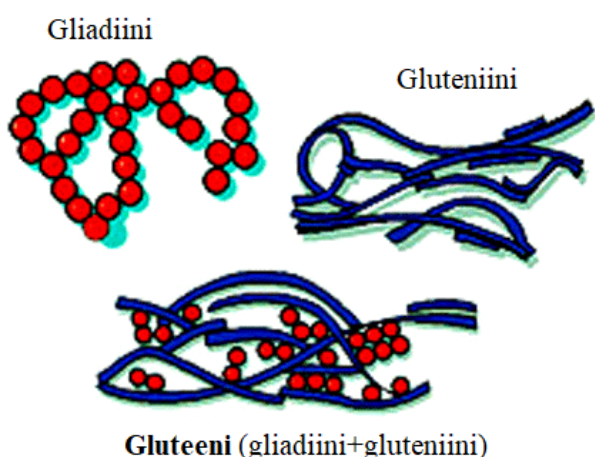


Kuva 1. Vehnän proteiinien luokittelu ja gluteenin muodostavat proteiinit.

Albumiinit ja globuliinit ovat metabolisia proteiineja, kuten entsyymejä tai niiden inhibiittoreita (Wieser 1996). Ne sijaitsevat pääosin viljan jyvän aleuronikerroksessa, leseessä ja alkiossa. Gliadiinit ja gluteniinit ovat varastoproteiineja, jotka sijaitsevat tärkkelysendospermissä. Niiden tehtävänä on vapauttavaa aminohappoja sekä typpeä kasvuun jyvän itäessä. Vehnällä prolamiini on nimetty gliadiiniksi ja gluteniini gluteniiniksi. Valkoisissa jauhoissa, jotka koostuvat vain jyvän endospermistä, proteiiniosuudesta 70–90 % on prolamiineja sekä gluteliineja.

Gluteeni on vehnän monimutkainen varastoproteiini, joka koostuu suurimmaksi osaksi gliadiini- sekä gluteniiniproteiineista ja on vastuussa vehnän erinomaisista leivontaominaisuuksista muodostamalla sitkon taikinaan (Koehler ja Wieser 2013). Sitko tekee taikinasta viskoelastisen ja taikinanousun aikana ylläpitää kaasunmuodostuksen aikaansaamaa kohonnutta rakennetta. Myös rukiissa ja ohrassa on gluteenia, mutta proteiinit eivät ole sitkoa muodostavia. Rukiin prolamiiniproteiineja kutsutaan sekaliineiksi ja ohralla hordeiineiksi. Vehnällä monomeerinen gliadiini vaikuttaa taikinan viskositeettiin sekä venyvyyteen, kun taas polymeerinen gluteniini vaikuttaa taikinan vahvuuteen ja elastisuuteen (Cauvain 2015a). Nämä ominaisuudet yhdessä tekevät vehnästä erinomaisen jauhon leivontaan. Gluteniini muodostuu suuren molekyylipainon alayksiköistä, jotka ovat kooltaan 80 000-120 000 Da suuruusluokkaa (HMW-alayksiköt) ja pienen molekyylipainon alayksiköistä, jotka ovat kooltaan 40 000-55 000 Da (LMW-alayksiköt). Gliadiini taas muodostuu kolmeen ryhmään jakautuneista  $\alpha$ -,  $\gamma$ - ja  $\omega$ -luokista

(Veraverbeke ja Delcour 2002). Nämä voidaan jakaa vielä karkeasti kahteen ryhmään eli paljon rikkiä sisältävään ryhmään, johon kuuluvat  $\alpha$ - ja  $\omega$ -luokan monomeerit, jotka osallistuvat gluteenin muodostumisessa disulfidi-sidosten syntyyn. Toinen ryhmä on vähän rikkiä sisältävä ryhmä, johon  $\gamma$ -luokan monomeerit kuuluvat. Sitkon muodostuessa gliadiinit kietoutuvat polymeerisen gluteniinin ympärille ja väliin ja ne yhdistyvät erilaisin sidoksien kuten vety- ja disulfidisidoksien sekä hydrofobisten vuorovaikutuksien taikinan sekoituksen edetessä, kunnes optimaalinen rakenne saavutetaan (kuva 2). Vetysidosten muodostumisessa aminohapot glutamiini ja proliini ovat tärkeitä, kun taas vetysidoksiin vaaditaan kysteiinia ja kysteiniä.



Kuva 2. Gliadiinin ja gluteniinin muodostuminen gluteeniksi.

### Tärkkelys leivonnassa

Tärkkelys on viljojen suurin polysakkaridi sekä energianlähde ja vehnäjauhosta jopa 70 % on tärkkelystä (Salovaara 2017a). Se muodostuu tärkkelysjyvästen sisällä olevasta suoraketjuisesta  $\alpha(1,4)$ -sidoksin liittyneistä glukoosiyksiköistä eli amyloosista sekä haaroittuneesta amylopektiinistä, jossa on suorassa  $\alpha(1,4)$ -sidoksilla liittyneessä ketjussa  $\alpha(1,6)$ -sidoksia, jolloin rakenne koko ketjussa taipuu (Koehler ja Wieser 2013). Amyloosin osuus on yleisesti viljoilla 25-28 % ja amylopektiinin 72-75 %, mutta on myös lajikkeita, joissa polysakkaridien määrä vaihtelee vaikuttaen myös raaka-aineen teknologisiin ominaisuuksiin. Esimerkiksi vahamaissin tärkkelys rakentuu ainoastaan amylopektiinistä tehden sen rakenteesta vahamaisen. Korkean amyloosipitoisuuden maississa, jota käytetään muuan muassa makeisten valmistuksessa, on tavalliseen maissiin verrattuna jopa 85 % amyloosia (Schwartz ja Whistler 2009).

Ei-tärkkelyspolysakkarideja (NSP, non-starch polysaccharides) ovat muut viljojen polysakkaridit kuin tärkkelys ja ne löytyvät pääosin jyvän soluseinärakenteista (Koehler ja Wieser 2013; Salovaara 2017a). Nämä polysakkaridit, kuten pentosaanit ja beetaglukaani, lasketaan ravintokuiduksi, sillä ne eivät hajoa tai imeydy suolistossa. Pentosaaneilla, joista 85-90 % on arabinoksyylaania, on tärkeä rooli erityisesti ruisleivonnassa vaahtorakenteen muodostumisessa. Arabinoksyylaani kykenee sitomaan vettä jopa 10-20 % painostaan, jolloin ruisleivonnassa se toimii sitkoproteiinien tapaan samalla tehden leivästä myös pehmeää. Rukiissa arabinoksyylaaneja on 6-8 % ja vehnässä vain 1,5-2 %. Beetaglukaani on lähinnä ohrassa (3-7 %) ja kaurassa (3,5-5 %) esiintyvä ravintokuitu, joka muodostuu  $\beta(1,4)$ - ja  $\beta(1,3)$ -sidoksilla kiinnittyneistä glukoosiketjuista, joista muodostuu hyvin mutkitteleva ja haaroittunut polysakkaridi.

Tärkkelyksen tärkeä ominaisuus on liisteröityminen kuumennettaessa ja sekoittuessaan veden kanssa (Biliaderis 2009). Tärkkelysjyväset imevät vettä, turpoavat ja hajoavat, jolloin seoksen viskositeetti nousee. Liisteröitymisen laajuuteen vaikuttaa moni tekijä, kuten veden määrä, lämpötila, muut ainesosat kuten suola tai sokeri sekä sekoituksen intensiteetti. Sokeri esimerkiksi nostaa liisteröitymislämpötilaa (Cauvain 2015c). Liisteröityminen eli jyvästen turpoaminen tapahtuu noin + 60 °C:ssa, jonka jälkeen lämpötilan edelleen noustessa jyväset hajoavat ja amyloosia sekä pieni määrä amylopektiiniä valuu ulos jyväsistä. Tätä kutsutaan liistautumiseksi (engl. pasting). Seoksen jäähtyessä geelirakenne alkaa muodostua ja amyloosi sekä amylopektiini alkavat uudelleen kiteytyä, jolloin rakenteet jälleen järjestäytyvät tiiviisti.

Leivonnassa tärkkelyksellä on suuri merkitys taikinan ja leivän rakenteen muodostumisen kannalta. Proteiinit ja pentosaanit käyttävät suurimman osan vedestä, mutta myös tärkkelys sitoo hieman vettä. Ehjät tärkkelysjyväset eivät juurikaan sido vettä, mutta jauhatuksessa rikkoutuneet jyväset, joita on muutama prosentti, sitovat jopa neljänneksen taikinan vesimäärästä (Salovaara 2017b; Delcour ja Hoskeney 2010b). Leivän paiston aikana tärkkelys liisteröityy osittain ja tärkkelysjyväsistä valunut amyloosi kovettaa leivän rakenteen leivän jäähtyessä.

Leivän vanhetessa kemiallisia ja fysikaalisia muutoksia tapahtuu leivän kuoren ja sisuksen rakenteessa sekä maussa, jolloin leipä ei ole enää miellyttävä. Suurin vaikuttaja vanhenemisprosessissa on tärkkelys, jota voi olla leivän raaka-aineista jopa 50 % (Cauvain 2015d; Biliaderis 2009). Kuoren rapeus vähenee, sisus kovettuu ja maku heikkenee. Myös homeista johtuva mikrobiologinen pilaantuminen vanhennuttaa leipää, mutta se johtuu

ennen pakkausta johtuneesta kontaminaatiosta eikä rakenteen muutoksista. Tärkkelyksen retrogradaatio eli uudelleenkiteytyminen on merkittävä tapahtuma vanhenemisprosessissa (Schiraldi ja Fessar 2001). Paiston aikana tärkkelysjyväsistä valuu pieniä määriä amyloosia, joka alkaa heti kiteytyä jäähdytyksessä ja tämä vaikuttaa juuri leivän rakenteen muodostumiseen. Amylopektiini kuitenkin kiteytyy hitaammin ja sen rakenteen muutokset amorfisesta tilasta kiteytyneeseen tilaan ja lisäksi veden siirtyminen sisuksesta kuoreen aiheuttaa rakenteen kovettumisen (Biliaderis 2009). Gluteenilla on esitetty myös olevan vähäinen rooli leivän vanhenemisessa, sillä vahvoista jauhoista, joissa on vahva sitkoproteiinien muodostama rakenne, pysyy pehmeämpänä pidempään kuin heikoista jauhoista valmistettu leipä (Kim ja D'Appolonia 1997; He ja Hosney 1991).

### Vehnäleivonta

Vehnäleivän valmistukseen vaaditaan vähintään jauhoja, vettä sekä energiaa eli vaivausta, jolloin taikinaan saadaan sekoitettua ilmaa (MacRitchie 2010). Lisäksi hiiva, suola, sokeri ja rasva ovat tärkeitä raaka-aineita, joilla saadaan aikaan kauniisti kohonnut ja maistuva tuote. Taikinan valmistus alkaa sekoituksella, jotta raaka-aineista saadaan homogeeninen taikina. Sekoituksella on monta tärkeää tehtävää myös rakenteen muodostumisen kannalta. Aluksi jauhojen sitkoproteiinit eli gliadiinit ja gluteniinit hydratoituvat veden kanssa, jolloin gluteeniverkoston eli sitkon muodostus alkaa (Salovaara 2017). Tällöin vesi muodostuu omaksi rakenteeksi proteiinien ympärille ja gliadiinit ja gluteniinit liittyvät toisiinsa erilaisilla sidoksilla (Veraverbeke ja Delcour 2002).

Sekoitusvaiheessa taikinaan muodostuu jauhopartikkeleiden väliin pieniä ilmakuplia, jotka ovat aihioita leivän rakenteen muodostumiselle (Salovaara 2017). Hiivan käydessä ja hiilidioksidin muodostuessa kaasut siirtyvät aihioihin ja lisäävät niiden tilavuutta. Sitkon ansiosta leivän rakenne kestää nostatusvaiheen kaasurakkuloiden tilavuuden lisääntymisen, jolloin rakkulat eivät rikkoudu. Paiston aikana hiilidioksidi vapautuu, etanoli höyrystyy ja kaasurakkulat laajenevat entisestään.

Jauhojen tärkkelys alkaa liisteröityä noin + 60 °C:ssa (Cauvain 2015c). Aluksi tärkkelys imee itseensä taikinassa olevan vapaan veden, jonka jälkeen proteiineista vapautuu lisää vettä tärkkelyksen liisteröitymiseen. Kun taikinan proteiinit denaturoituvat lämmön vaikutuksesta, tärkkelys osin liisteröityy ja hiivan aikaansaama kohonnut rakenne jäykistyy amyloosin kiteytyessä. Leipä on valmis värin muodostuttua sopivaksi.

## Gluteeniton leivonta

Gluteenittomia leivontaan soveltuvia jauhoraaka-aineita ovat muun muassa tattari, puhdas kaura, riisi sekä erilaiset palkokasvit (Sontag-Strohm ym. 2017). Jauhojen lisäksi käytetään tärkkelystä, hydrokolloideja, emulgointiaineita sekä tietenkin vettä, hiivaa, suolaa, rasvaa ja sokeria (Thompson 2009). Gluteeniton leivonta eroaa merkittävästi vehnäleivonnasta, sillä taikinassa ei ole sitkoa eikä se ole usein käsillä muotoiltavissa. Usein se on juoksevaa ja tarttuvaa kuten ruistaikina ja ne muistuttavat käsiteltävyydeltään hyvin paljon toisiaan (Schober 2009). Ruisleivonnassa jauhojen luonnostaan sisältämät hydrokolloidit eli pentosaanit ja gluteenittomassa leivonnassa eräät käytetyt hydrokolloidit kuten HPMC (hydroksipropyylimetyyliselluloosa, engl. hydroxypropylmethylcellulose) sekä gluteenin puuttuminen tekevät taikinoista tarttuvaa (Schober 2009). Pentosaanit ja HPMC ovat kuitenkin myös pinta-aktiivisia aineita ja auttavat stabiloimaan taikinan kaasunpidätyskykyä ja parantavat näin leivän rakennetta.

Tärkkelys muodostaa gluteenittomassa leivonnassa suuren osan leivän rakenteesta. Soveltuvia tärkkelysraaka-aineita saadaan kaikista tärkkelystä sisältävistä viljoista ja esimerkiksi perunan ja kassavan (tapiokatärkkelys) juurimukuloista (El-Sayed ja Abdel 2009). Maailmanlaajuisesti valmistetusta tärkkelyksestä 83 % tulee maissista, 7 % vehnästä, 6 % perunasta ja 4 % kassavasta. Tapiokatärkkelys sisältää 17-20 % amyloosia ja verrattuna vehnätärkkelyksen nopeaan retrogradaatioon tapiokatärkkelys kiteytyy hitaasti ja sen käyttö leivässä hidastaa leivän kovettumista (Breuninger ym 2009; El-Sayed ja Abdel 2009). Tapiokatärkkelys on mauton, joten se soveltuu hyvin leivontaan, mutta sen korkea hinta verrattuna esimerkiksi maissitärkkelykseen rajoittaa käyttöä (Mason 2009).

Tärkkelyspohjaiset leivät ovat ravitsemuksellisesti heikkoja ja ne vanhenevat ja kovettuvat nopeasti (Schober 2009). Niissä on myös tärkkelyksen takia korkea glykeeminen indeksi. Ravintoarvoja voidaan parantaa käyttämällä vaeviljoja kuten tattaria tai palkokasveja kuten härkäpapua ja hennettä (Sontag-Strohm ja Salovaara 2017). Ne sisältävät proteiinia, usein niukasti. Lisäksi hydrokolloidien käytöllä voidaan hidastaa leivän kovettumista, sillä esimerkiksi psylliumi pidentää leivän hyllyikää rajoittamalla tärkkelyksen liiallista liisteröitymistä (Mariotti ym. 2009).

### Hydrokolloidit gluteenittomassa leivonnassa

Yksinkertainen gluteeniton taikina valmistetaan käyttäen tärkkelystä, vettä ja hiivaa (Schober 2009). Sen ongelmaksi kuitenkin muodostuu sekoitusvaiheessa syntyneiden ilmakuplien nouseminen pinnalle ja yhdistyminen sekä tärkkelyksen vajoaminen pohjalle. Jotta taikinassa olevat kaasukuplat kykenevät kasvamaan hiivan fermentoituaessa, tulisi niiden olla sekoittuneena tasaisesti taikinaan. Kun taikinan viskositeettia lisätään hydrokolloidilla, kuten esimerkiksi ksantaanilla tai psylliumilla, saadaan tärkkelyksen vajoamista ja kaasukuplien pintaan nousemista hidastettua merkittävästi (Sontag-Strohm ja Salovaara 2017; Schober 2009). Näin taikinalla on aikaa kohota ja paistua, kunnes tärkkelys gelatinisoituu. Tärkkelyksen liisteröityessä sen muodostama geeli tukee leivän rakennetta kuoren kypsyessä. Hydrokolloideista esimerkiksi HPMC on pinta-aktiivinen aine. Sen lisäksi että se nostaa taikinan viskositeettia se myös stabiloi kaasukuplia. Taikinan sekoitusvaiheessa kaasukuplat dispergoituvat pienemmiksi kupliksi lisäksi estäen kuplien koalesenssia eli yhteenliittymistä. Taikinasta muodostuu paistuessaan korkea ja hyväkuorinen leipä.

Hydrokolloidit ovat hiilihydraattipolymeerejä tai proteiineja, jotka sitovat vettä ja muodostavat geelirakenteita ja lisäävät seoksen viskositeettia (Sontag-Strohm ja Salovaara 2017; El-Sayed ja Abdel 2009). Kasvipäisiä hydrokolloideja ovat muun muassa psyllium, pektiini ja guarkumi. Agar, karrageeni ja alginatit ovat levistä saatavia hydrokolloideja, kun taas eläinperäisiä ja proteiinipohjaisia ovat maidon ja kananmunan proteiinit sekä gelatiini. Ksantaani muodostuu bakteerien käymistuotteena sokerista ja CMC (karboksimeetyliselluloosa) ja HPMC (hydroksipropyylimetyliselluloosa) ovat selluloosapohjaisia puusta valmistettavia hydrokolloideja. Näitä kaikkia hydrokolloideja voidaan käyttää leivonnassa apuaineina joko yksinään tai yhdessä, sillä niiden vedensidontakyky, geelinmuodostusominaisuudet, viskositeetin muutokset ja lämpötilavaatimukset vaihtelevat paljon (BeMiller 2008; Lazaridou ja Biliaderis 2009).

Psyllium on ratamokasvin siementen kuoresta jauhettu paljon kuitua sisältävä hydrokolloidi (Ziai 2009). Yleisimpiä viljeltyjä lajikkeita ovat *Plantago psyllium* ja *Plantago ovata*, joista jälkimmäistä käytetään enemmän teollisuudessa. Sitä käytetään elintarviketeollisuudessa muun muassa stabilointi- ja emulgointiaineena sekä lääketeollisuudessa tablettien sidosaineena, sillä se imee itseensä tehokkaasti vettä muodostaen geelimäisen rakenteen. Vedensidontakyvyn arvioimiseen käytetään termiä turpoamiskerroin (engl. swelling factor), jossa mitataan syntyneen psylliumliman määrä



vedessä 24 tunnin jälkeen (Killerdar ym. 2016). Kokonaiselle siemenelle kerroin on  $> 9$  ja siemenen kuorelle  $> 40$  (Ziai 2009).

Psyllium rakentuu vesiliukoisesta ja neutraalista polysakkaridifraktiosta (Ziai 2009). Liukeneva fraktio on 85 % arabinoksyyliaania, jota on myös rukiissa ja se on muodostunut  $\beta(1,4)$ - ja  $\beta(1,6)$ -sidoksista (Yu ym. 2013; Ziai 2009). Psyllium on erinomainen kuidun lähde ja sisältää jopa kahdeksan kertaa enemmän liukenevaa kuitua kuivapainoa kohden kuin kauralese. Psylliumin on todettu lisäksi laskevan veren seerumin LDL- ja HDL-kolesterolipitoisuuksia (Anderson ym. 2000). Psylliumista ja vedestä valmistettujen seosten viskositeetti on melko stabiili lämpötilassa  $+ 20\text{--}50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pH:ssa 2-10 sekä laimeissa suolaliuoksissa. Leivonnassa se on E-kooditon raaka-aine päinvastoin kuin esimerkiksi ksantaani, pektiini tai selluloosajohdannaiset hydrokolloidit CMC ja HPMC (Sontag-Strohm ja Salovaara 2017).

## 2.2 Tattari leivontaraaka-aineena

### 2.2.1 Viljely ja käyttö

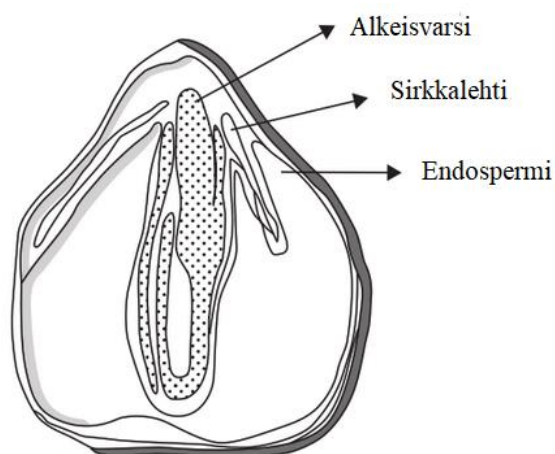
Tattari eli viljatatar (*Fagopyrum esculentum*) on tatarkasveihin (heimo *Polygonaceae* vrt. heinäkasvien *Poaceae*) kuuluva syötäviä siemeniä muodostava kaksisirkkainen kasvi (Arendt ja Zannini 2013; Viljatiedotus). Viljakasvit ovat yksisirkkaisia, mutta tattarin siemenen eli pähkylän koostumus muistuttaa viljakasvien jyviä, minkä vuoksi tattaria kutsutaan vaeviljaksi. Sitä on alun perin viljelty Aasiassa ja Intiassa, josta se on kulkeutunut Eurooppaan Venäjän kautta 1400-1500-luvulla ja sieltä Amerikkaan siirtolaisten mukana. Euroopassa suurimpia viljelysmaita ovat Venäjä, Ranska, Saksa ja Puola. Suomessa viljely on edelleen pienimuotoista, sillä kasvi on hyvin herkkä hallan aiheuttamille vaurioille ja 1940-luvulla sen viljely loppuikin lähes kokonaan (Montonen ja Kontturi 1997). Tattarin suosio on kuitenkin kasvamassa ja vaatimattomuus viljelymaan ravinteiden suhteen, erinomainen ravintoainekoostumus sekä soveltuvuus erityisruokavalioihin ovat herättäneet jälleen kiinnostusta ja sen viljely on lisääntynyt (Leipätiedotus; Montonen ja Kontturi 1997). Vuonna 2016 Suomessa tattaria viljeltiin noin 1600 hehtaarilla, kun vuonna 1995 viljelyala oli noin 1000 hehtaaria (Montonen ja Kontturi 1997; Keskitalo 2017).

Tattaria käytetään perinteisesti etenkin Venäjällä puurossa tai lisäkkeenä sekä blinien valmistuksessa (Arendt ja Zannini 2013). Aasiassa sitä käytetään soba-nuudeleiden valmistukseen. Suomessa tattarin käyttö leivonnassa ja ruuanlaitossa on lisääntynyt paljon.

Keliakialiitto listaa vuosittain uudet gluteenittomat tuotteet, jotka ovat saaneet gluteenittomuudesta kertovan merkin (Keliakialiitto (a)). Vuonna 2018 uusia gluteenittomia ruokaleipiä, jotka tämän merkin saivat oli lähes 60. Näistä kahdeksassa tuotteessa oli nimessä mainittu sana tattari. Leipien lisäksi myös tattarijauhojen, -suurimoiden ja -leseiden sekä -pastatuotteiden määrä lisääntyi yli 10 uudella tuotteella.

### 2.2.2 Rakenne

Tattarin siemen eli pähkylä on kolmikulmainen (kuva 3) ja se muistuttaa endospermin ja kuorikerrosten suhteen viljojen jyvien rakennetta (Leipätiedotus; Shoenlechner ym. 2008). Siemenessä on noin 70 % hiilihydraatteja, joista tärkkelystä on noin 55 %. Tärkkelyksessä amyloosin määrä on lajikkeesta riippuen 21-27 %:n luokkaa, mutta myös 40 % amyloosipitoisuuksia on löydetty. Amylopektiini on hyvin haaroittunut ja lisää tärkkelyksen molekyylipainoa huomattavasti. Kuitua tattarissa on noin 3,4–5,2 %, josta liukenevaa kuitua on 20-30 % (Wang ym. 2012). Viljoihin verrattuna tattarilla on korkeampi liisteröitymislämpötila. Vedensidontakyky voi olla jopa 110 %, joka selittyy sillä, ettei siemenessä ole kuin ainoastaan pienikokoisia tärkkelysjyväsiä (Shoenlechner ym. 2008).



Kuva 3. Poikkileikkauskuva tattarista.

Tattarin proteiinipitoisuus vaihtelee välillä 9,5-14 % ja proteiinikoostumuksessa on huomattavia eroja verrattuna esimerkiksi vehnään (Arendt ja Zannini 2013; Montonen ja Kontturi 1997). Vehnässä suurin osa proteiineista on prolamiineja, kun taas tattarissa noin 65 % on globuliineja, 12 % albumiineja, 8 % gluteliineja ja vain 3 % prolamiineja lajikkeesta riippuen (Arendt ja Zannini 2013). Tattarin aminohappokoostumus on hyvin mielenkiintoinen, sillä tattari sisältää kaikkia ihmiselle välttämättömiä aminohappoja.

Lysiini on kaikissa viljoissa rajoittava aminohappo, mutta tattarissa sitä on keskimäärin 2,5-kertainen määrä verrattuna vehnään (Schoenlechner ym. 2008). Proteiini on kuitenkin esimerkiksi vehnään nähden huonosti sulavaa, sillä tattarissa on lämpökäsittelyä sietäviä proteaasi-inhibiittoreita. Yhdessä ravintokuidun kanssa tämä ominaisuus on liitetty positiivisiin terveysvaikutuksiin kuten veren kolesterolin alenemiseen, sappinesteen lisääntyneeseen eritykseen ja sappikivien muodostumisen vähentymiseen (Wang ym. 2012).

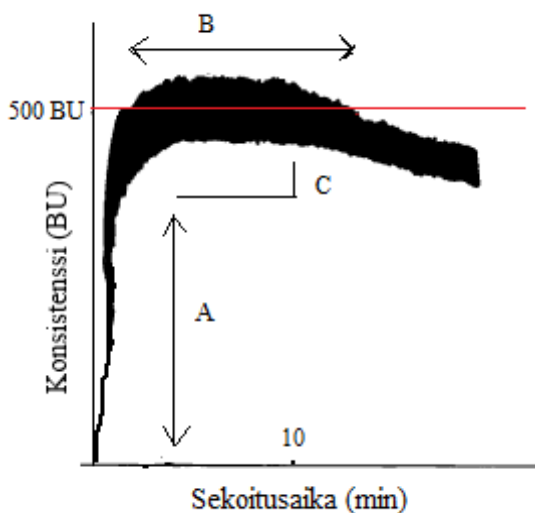
Tattarilla on todettu olevan paljon terveyshyötyjä jopa 2-tyypin diabeteksen hoidossa, sillä se sisältää paljon D-chiro-inositolia ja sen galaktosyylijohdannaisista fagopyritolia, jotka alentavat veren seerumin glukoosipitoisuutta (Arendt ja Zannini 2013; Keskitalo ym. 2006). Myös suolisto- ja rintasyöpien ehkäisyn ja syövän leviämisen hidastamisen parissa on tehty tutkimusta ja tulokset ovat olleet lupaavia (Kayashita ym. 1999; Liu ym. 2001). Lisäksi tattari sisältää paljon B-ryhmän vitamiineja, magnesiumia ja kalsiumia huomattavasti enemmän kuin muut viljat sekä lisäksi seleeniä, jota ei muissa viljoissa esiinny lainkaan (Montonen ja Kontturi 1997; Wang ym. 2012). Myös antioksidanttipitoisuudet ovat muihin viljoihin nähden korkeita. Tunnetuin antioksidantti on rutiini, joka parantaa verenkiertoa lisäämällä hiussuonten läpäisevyyttä (Keskitalo ym. 2006; Wang ym. 2012).

## 2.3 Jauhojen konsistenssin mittaamenetelmät

### 2.3.1 Farinografi

Vehnällä vedensidonta määrää pitkälti jauhojen leivontalaatua (Cauvain 2015b). Vakioitunut menetelmä vedensidonnan tutkimiseen on Brabenderin Farinografi, jossa laite mittaa taikinan ominaisuuksia veden ja jauhojen sekoitusvaiheessa ja laatii näin farinogrammin. Laite mittaa sekoituksen aikana tapahtuvaa vääntöä ja sen muutosta, kun taikinaa sekoitetaan kahdella vastakkaisiin suuntiin pyörivällä sekoituslavalla (Salovaara ja Tuukkanen 2017; Lazaridou ja Biliaderis 2009). Kun farinogrammin käyrän keskikohta on 500 BU:n tasolla, on sekä vehnäjauhojen vedensidonta että taikinan konsistenssi optimaalisella tasolla. Yleinen vedensidonta leivän leivontaan tarkoitetuilla jauhoilla on 58-62 %, mutta taikinan valmistuksessa veden määrää lisätään sillä leivontaprosessi sekä taikinan muut komponentit, kuten suola, sokeri ja rasva, vaikuttavat taikinassa (Cauvain 2015b).

Farinografimenetelmällä saadaan tietoa jauhojen optimaalisen vedensidonnan lisäksi myös taikinan sekoitusominaisuuksista, joista tärkeimmät parametrit ovat taikinan muodostumisaika (A), sekoituskestävyys (B) ja pehmenemisaste (C), jotka ovat nähtävissä kuvassa 4 (Cauvain 2015b; Salovaara ja Tuukkanen 2017). Taikinan muodostumisaika tarkoittaa aikaa, jolloin käyrän keskikohta saavuttaa 500 BU:n konsistenssin sekoituksen alusta. Tämä kertoo myös taikinan optimaalisesta sekoitusajasta. Sekoituskestävyys kertoo siitä, miten kauan taikina kestää sekoitusta ja tarkoittaa aikaa, jolloin käyrän yläreuna pysyy 500 BU:n yläpuolella. Taikinan pehmenemisaste lasketaan konsistenssien erotuksena maksimikonsistenssin käyrän keskikohdan ja konsistenssin 10 tai 12 minuutin kohdalla. Pieni erotus kertoo siitä, ettei konsistenssi juurikaan muutu, kun taas korkea luku kertoo taikinan löystyvän nopeasti, jolloin myös sen sekoituskestävyys on huono. Käyrän muoto kertoo myös jauhojen vahvuudesta. Nopeasti laskeva ja ohut käyrä kuvaa heikkoja jauhoja, kun taas hitaasti ja tasaisesti laskeva ja paksu käyrä kuvastaa vahvoja jauhoja (Cauvain 2015b).



Kuva 4. Farinogrammi.

Jauhojen vedensidontaan vaikuttaa useampi tekijä, jonka vuoksi Brabender-menetelmä on käyttökelpoinen jauhojen välisten eroavaisuuksien vaikutusten vähentämiseen leivonnassa (Cauvain 2015b). Jauhojen kosteuspitoisuus vaikuttaa vedensidontaan ja 14 %:n kosteuspitoisuutta pidetään menetelmässä standardina, joten tästä poikkeavat pitoisuudet on otettava huomioon jauhojen määrässä. Lisäksi jauhojen proteiinipitoisuus, rikkoutuneen tärkkelyksen sekä pentosaanien määrä vaikuttavat kaikki vedensidontaan. Proteiinit voivat sitoa oman painonsa verran vettä, joten mitä korkeampi proteiinipitoisuus on, sitä

enemmän vettä sitoutuu. Rikkoutunut tärkkelys sitoo tehokkaammin vettä kuin kokonaiset ja ehjät tärkkelysjyväset, joten mitä enemmän rikkoutuneita jyväsiä jauhoissa on jauhatuksen jäljiltä, sitä enemmän vettä sitoutuu. Valkoisissa vehnäjauhoissa pentosaanien määrä on noin 2-3 %, mutta kokojyväjauhoissa määrä nousee jo 10 %:n, joten myös jauhojen laatu vaikuttaa merkittävästi vedensidontaan.

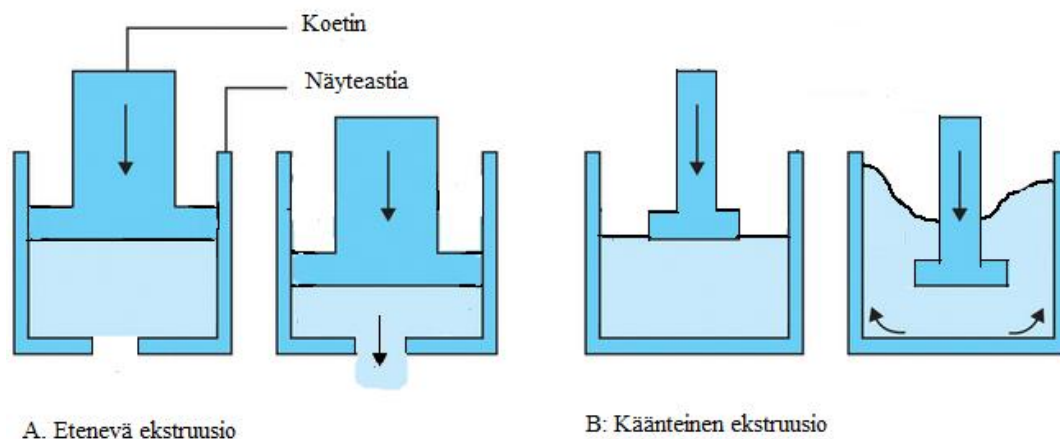
Myös gluteenittomia jauhoja, niiden käyttäytymistä tai esimerkiksi käytetyn hydrokolloidin vaikutusta taikinan sekoitusominaisuuksiin voidaan tutkia farinografilla (Lazaridou ym. 2007, 2009). Vehnäjauhoille vakioitua 500 BU:n tasoa ei kuitenkaan voida täysin soveltaa, sillä lopputuloksena saadaan usein heikkolaatuinen leipä (Lazaridou ym. 2007; Cappa ym. 2013). Käytetty resepti ja hydrokolloidi sekä sen määrä vaikuttaa paljon taikinan ominaisuuksiin ja usein gluteeniton taikina on kakkutaikinan tapaan juoksevaa ja kaadettavaa, joten farinografimenetelmänä ei ole paras mahdollinen tämänkään vuoksi (Lazaridou ja Biliaderis 2009).

### 2.3.2 Texture Analyser – ekstruusiomenetelmät

Farinografi ei ole menetelmänä soveltuva gluteenittomille taikinoille, sillä veden absorptiota ja 500 BU:n konsistenssitasoa ei voida käyttää. Tiedetään kuitenkin, että löysemmällä taikinalla saadaan aikaseksi parempilaatuinen leipä kuin kovalla ja muotoiltavissa olevalla taikinalla, joten tästä voidaan päätellä, että gluteenittomassa leivonnassa konsistenssilla on kuitenkin suuri merkitys (Schober 2009).

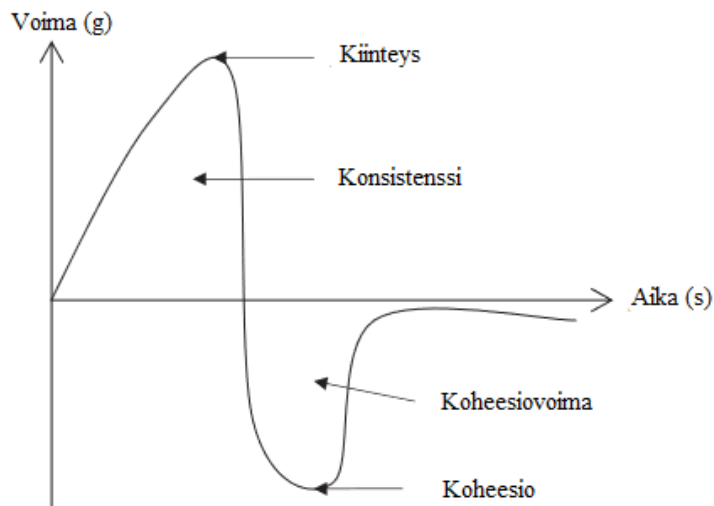
Eräs tapa mitata konsistenssia on näytteen puristamiseen perustuvat ekstruusiomittaukset, jotka voidaan tehdä esimerkiksi aineenkoestuslaitteella, Texture Analyserilla (Lazaridou ja Biliaderis 2009; Bourne 2002a, Stable Microsystems). Etenevä ja käänteinen ekstruusio ovat toisistaan hieman poikkeavia tapoja mitata konsistenssia, mutta ne toimivat samalla periaatteella. Näytteeseen kohdistetaan voimaa määrättyllä nopeudella ja määrätylle syvyydelle, jolloin tarvittava maksimivoima kuvaa konsistenssia (Stable Microsystems 2014, 2015; Bourne 2002a). Ekstruusioon pohjautuvat menetelmät soveltuvat viskooseille nesteille, kuten kastikkeille, geeleille, rasvoille ja myös prosessoiduille pehmeille hedelmille ja kasviksille, jotka muuttuvat virtaavaksi massaksi paineen alla. Etenevässä ekstruusiassa (A, kuva 5) näyteastian pohjassa on halkaisijaltaan pieni reikä, josta näyte puristuu ulos mittauksen edetessä (Stable Microsystems 2014; Bourne 2002a). Käänteisessä ekstruusiassa näyte puristuu näyteastian sisäreunojen mukaisesti ylöspäin,

sillä mittakoettimen halkaisija on huomattavasti pienempi kuin näyteastian halkaisija (B, kuva 5).



Kuva 5. Havainnollistava kuva etenevästä (A) ja käänteisestä (B) ekstruusio menetelmistä.

Ekstruusiomittauksista saatavasta konsistenssikäyrästä voidaan selvittää useita erilaisia ominaisuuksia näytteestä (kuva 6) (Nasaruddin ym. 2012; Stable Microsystems). Näytteen puristamiseen vaadittava maksimivoima kuvaa näytteen kiinteyttä, joka vaikuttaa sen alle jäävään positiiviseen pinta-alaan eli konsistenssiin. Kun mittakoetin nousee takaisin ylös, negatiivinen huippu kuvastaa näytteen koheesiota ja negatiivinen pinta-ala koheesiovoimia. Konsistenssi kuvastaa viskositeetin lailla aineen rakenteellista ominaisuutta virrata ja vastustaa sekoituksessa käytettävää voimaa (Bourne 2002b). Koheesio taas kuvastaa aineen taipumusta pysyä koossa ja siihen vaikuttavat molekyyli-tason sisäiset vetovoimat (Stable Microsystems). Korkeakoheesioinen aine on esimerkiksi maali, jolloin siveltimeen otettu maali irtoaa helposti muusta massasta eikä veny. Matalakoheesioinen aine on taas esimerkiksi hunaja, joka venyy huomattavasti.



Kuva 6. Konsistenssikäyrä.

Konsistenssikäyrän muotoon vaikuttavat näytteen ominaisuudet kuten viskositeetti ja homogeenisuus. Positiivisen käyrän tasankokohtaan ja sen pituuteen eli näytteen kiinteysteen vaikuttaa mittauksen kesto sekä näytteen ominaisuudet. Homogeenisillä näytteillä tasankokohta on suhteellisen tasainen. Esimerkiksi prosessoitujen hedelmien tapauksessa se voi olla epätasainen johtuen partikkelien keskinäisistä eroavaisuuksista kiinteydessä ja kovuudessa, joka vaikuttaa niiden virtauskäyttäytymiseen näyteastian ja mittakoettimen välistä (Bourne 2002a).

Texture Analyseria on käytetty paljon tutkimustyössä erilaisten elintarvikkeiden konsistenssien tutkimiseen (Stable Microsystems 2014; 2015). Aquedelo ym. (2014) tutkivat tapiokatärkkelyksen ominaisuuksia hedelmätäytteen sakeuttamisaineena ja Sciarini ym. (2010) tutkivat gluteenittomien leipätaikinoiden konsistenssia käänteisellä ekstruusiolla. Konsistenssi on myös tärkeä tekijä gluteenittomassa leivonnassa, joten potentiaalia esimerkiksi juuri etenevällä ja käänteisellä ekstruusiomenetelmillä on.

### 3 KOKEELLINEN TUTKIMUS

#### 3.1 Materiaalit ja menetelmät

##### 3.1.1 Raaka-aineet ja niiden analysointi

Työssä käytettiin useampaa tattarijauhoerää sekä kahta erilaista tapiokatärkkelystä. Taulukoon 1 on listattu kaikki kokeellisessa osuudessa käytetyt raaka-aineet. Tattarijauhot säilytettiin huoneenlämpötilassa ja tapiokatärkkelys jääkaapissa, josta se otettiin huoneenlämpöön hyvissä ajoin ennen käyttöä. Tattarijauhoa 1 ja tapiokatärkkelystä 1 käytettiin vain esikokeissa. Tattarijauhoa 2 ja 3 sekä tapiokatärkkelystä 2 käytettiin koeleivonnassa ja niillä tehtiin myös konsistenssimittaukset. Tattarijauholla 3 tehtiin myös mittauksia näytepinnan öljyämisen vaikutuksesta taikinan konsistenssiin.

Taulukko 1. Mittauksissa ja koeleivonnassa käytetyt raaka-aineet.

Raaka-aine	Tiedot	Valmistaja
Tattarijauho 1	Suomalainen tattarijauho	Virtasalmen Viljatuote Oy
Tattarijauho 2	Tattarijauho	Myllyn paras, Suomi
Tattarijauho 3	Täysjyvätattari (Puola)	Myllyn paras, Suomi
Tapiokatärkkelys 1	Farina tapiokatärkkelys	Vuohelan Herkku, Suomi
Tapiokatärkkelys 2	Farina tapiokatärkkelys	Vuohelan Herkku, Suomi
Psyllium	Finax psyllium	Finax Ab, Ruotsi
Suola	Jodioitu ruokasuola	Meira Oy, Suomi
Sokeri	Suomalainen taloussokeri	Suomen Sokeri Oy, Suomi
Rasva	Juokseva rypsiöljyvalmiste	Bunge Finland Oy, Suomi
Hiiiva	Tuorehiiva	Suomen Hiiva Oy, Suomi

Jauhoista ja tapiokatärkkelyksistä määritettiin kuiva-ainepitoisuus kaappikuivausmenetelmällä AACC-menetelmän 44-15A mukaisesti. Lisäksi tutkittiin jauhojen partikkelikokoa Mastersizer 3000 (Malvern Panalytica, Englanti) -laitteistolla laserdiffraktioon perustuvalla tekniikalla kuiva-aineen mittaukseen soveltuvalla näytteenjakajalla (Aero s).

##### 3.1.2 Etenevä ekstruusio

Etenevää ekstruusiota ei ole juuri käytetty leipätaikinoiden konsistenssin mittaamiseen, minkä vuoksi ohjelman parametrit tuli määrittää leipätaikinalle sopiviksi. Menetelmässä näytettä puristettiin näyteastian pohjassa olevasta reiästä ulos tasaisella voimalla levykoettimella, joka mittasi näytteestä aiheutuvan vastuksen. Esikokeissa huomattiin, ettei 5 kg:n voimakennon ollut riittävä kaikilla taikinoilla, joten mittauksissa päätettiin käyttää 30



kg:n voimakennoa. Esikokeissa tutkittiin taikinaseoksien lepoajan ja lämpötilan vaikutusta mittaustuloksiin.

Mittaukset tehtiin Texture Analyserilla (Stable Microsystems, Surrey, Englanti) halkaisijaltaan 50 mm:n levykoettimella (HDP/FE) käyttäen etenevän ekstruusion telakkaa ja näyteastiaa, jonka pohjan reiän halkaisija oli 10 mm. Laitteen näyteastian nollauksessa (height calibration) käytettiin seuraavia parametreja: palautumiskorkeus 150 mm, palautumisnopeus 20 mm/s ja näyteastian alapinnan tunnistusvoima (trigger force) 10 g. Mittausnopeus oli 10 mm/s, mittausmatka 35 mm, mittausaika 50 s ja näytteen pinnan tunnistusvoima 50g.

Etenevään ekstruusioon valmistettiin 100 g:n taikina käyttäen a) tattarijauhoa b) tattarijauho- ja tapiokasekoitusta ja c) tattarijauho, tapiokatärkkelys ja 1 % psyllium -sekoituksia sekä puhdistettua RO-vettä. Jauhojen suhteet sekoituksissa olivat 70 % tattarijauhoa ja 30 % tapiokatärkkelystä. Taikinat tehtiin kolmella eri taikinatuloksella 190, 200 ja 210. Jauhot punnittiin 14 % kosteuden mukaan ja taikinat sekoitettiin sähkövatkaimella (Philips Cucina, Hollanti) nopeudella 3 yhden minuutin ajan muovisessa 500 ml:n dekanterilasissa. Taikinat peitettiin tuorekelmulla ja niiden annettiin levätä 30 minuuttia huoneenlämmössä. Kovat taikinat pursotettiin mittaustastiaan ja juoksevat taikinat kaadettiin. Taikinaa lisättiin näyteastiaan 6 cm:n merkkiin asti ja ilmakuplat poistettiin spaattelilla.

Mittaustastia laitettiin koettimen alle ja koetin laskettiin noin 1 cm päähän näytteen pinnasta. Melko juoksevien näytteiden takia oli oltava nopea, sillä mittaustastian pohjasta alkoi näytettä valua lähes välittömästi, minkä vuoksi mittaustastian alla pidettiin tyhjää muoviasiaa.

### 3.1.3 Käänteinen ekstruusio

Myös käänteistä ekstruusiota varten määritettiin sopiva ohjelma taikinoille. Mittaukset tehtiin Texture Analyserilla käyttäen 35 mm:n koetinta (A/BE-d35) ja käänteisen ekstruusion mittaustastiaa ja telakkaa. Tässä menetelmässä näytettä puristettiin levykoettimella, jonka halkaisija oli pienempi kuin näyteastian, jolloin näyte puristui ylöspäin näyteastian ja koettimen välistä. Käänteisellä ekstruusiolla voitiin käyttää 5 kg:n voimakennoa kaikilla taikinoilla. Näyteastian pohjan nollauksessa käytettiin seuraavia parametreja: palautumiskorkeus 50 mm, palautumisnopeus 20 mm/s ja pohjan

tunnistusvoima 20 g. Näytteiden mittauksessa koettimen nopeus oli 1,5 mm/s, mittaussmatka 20 mm ja näytteen pinnan tunnistusvoima 20 g.

Käänteistä ekstruusiota varten valmistettiin samaan tapaan erilaisia taikinoita kuin etenevään ekstruusioon. Taikinaa tarvittiin 50 g yhteen mittaukseen ja ne valmistettiin täysin samoilla sekoituksilla kuin etenevässä ekstruusiassa (a, b ja c). Jauhot punnittiin 14 % kosteuden mukaan ja sekoitettiin sähkövatkaimella veden kanssa minuutin ajan nopeudella 3 homogeeniseksi taikinaksi 500 ml muovisessa dekantterissa. Taikinat peitettiin tuorekelmulla ja annettiin levätä 30 minuuttia huoneenlämmössä. Taikina siirrettiin mittaustastiaan ja ilmakuplat poistettiin spaattelilla. Esikokeiden perusteella päätettiin näyteastia täyttää taikinalla 4 cm:n korkeudelle pohjasta.

Mittauksissa huomattiin, että näytteiden pintaa oli hankala saada täysin tasaiseksi, minkä vuoksi haluttiin selvittää, saadaanko pinnasta tasaisempi käyttämällä ruokaöljyä pinnan tasoituksessa ja vaikuttaako ruokaöljyn käyttäminen tuloksiin. Kaikista tarttuvien taikina oli tattarijauho-tapioka-psylliumtaikina, joten mittaukset päädyttiin tekemään vain tällä sekoituksella öljyn kanssa. Taikinan valmistus ja näytteiden mittaus tehtiin täysin samaan tapaan kuin käänteisen ekstruusion menetelmässä mainittu, mutta pinnat tasoitettiin öljyämällä etenevässä ekstruusiassa käytetty koetin (HDP/FE) rypsiöljyllä (Pirkka rypsiöljy, Ruokakesko Oy, Suomi), valuttamalla ylimääräinen öljy pois ja painamalla pinta tasaiseksi (kuva 7).



Kuva 7. Vasemmalla ei-öljytty ja oikealla öljytty näytepinta.

### 3.1.4 Farinografimittaus tattaritaikinoista

Farinografilla (Brabender Farinograph-E, Saksa) haluttiin selvittää taikinan konsistenssi, kun tattarijauhosta (14 % kosteuspitoisuuden mukaan) valmistettu taikina oli sekoitettu taikinatuloksia 190, 200 ja 210 käyttäen. Määritykset tehtiin samoilla jauhosekoituksilla kuin aineenkoestuslaitteen konsistenssimittauksissa. Esikokeissa huomattiin, että 300 g:n jauhomäärä oli liikaa farinografin sekoituskulhoon, joten jauhojen määrä vähennettiin 250 g:aan.

Jotta oikea vesimäärä saatiin lisättyä taikinaan eri taikinatuloksilla, tarvittava määrä vettä punnittiin. Punnittu vesi kaadettiin farinografin tyhjään byrettiin, josta se oli helppo laskea sekoituskulhoon riittävän nopeasti. Jauhoja lämmitettiin 30-asteisen termostoidun farinografin sekoituskulhossa minuutin ajan, jonka jälkeen vesi laskettiin byretistä kulhoon. Esikokeissa taikinan farinografisekoitusta testattiin 10, 15 ja 20 minuutin ajoilla, joista 10 minuutin sekoitus valittiin parhaimmaksi, jota käytettiin koeleivonnassakin taikinan sekoitusajaksi.

### 3.1.5 Koeleivonta

Koeleivonnassa käytettiin samoja taikinatuloksia ja jauhojen suhteita (c) kuin konsistenssimittauksissa (taulukko 2). Jokaisen taikinatuloksen taikinasta tehtiin kuusi leipää yksittäisellä leivontakerralla ja leivonnat toistettiin kolme kertaa. Lisäksi aistinvaraiseen arviointiin leivottiin erilliset leivät.

Taulukko 2. Koeleivonnassa käytetty resepti.

Raaka-aine	Osuus jauhон painosta (%)
Tattarijauho	70
Tapiokatärkkelys	30
Psyllium	1
Suola	1,5
Sokeri	2
Rasva	3
Hiiva	3
Vesi	90–110

Raaka-aineet punnittiin (Precisa 1000C-3000D ja Mettler PE1600) valmiiksi. Kuivia aineita sekoitettiin yleiskoneella (BE10 Dito Sama Groupe) vispiläsekoittimella minuutin ajan nopeudella 3. Vesijohtoveteen (noin 30 °C) liuotettu hiiva ja punnittu rasva kaadettiin kuivien aineiden joukkoon ja taikinaa sekoitettiin kolme minuuttia nopeudella 4, jonka jälkeen pohja kaavittiin vispilällä ja jatkettiin sekoitusta seitsemän minuuttia nopeudella 6.

Taikinoista mitattiin kolmen rinnakkaisen osanäytteen konsistenssi käänteisellä ekstruusiolla Texture Analyserilla. Mittaus aloitettiin heti taikinan valmistuttua ilman 30 minuutin odotusaikaa hiivan takia ja käytetty ohjelma oli sama mitä käytettiin jauhosekoituksilla tehdyillä käänteisen ekstruusion mittauksissa.

Taikinaa punnittiin 250 g voideltuihin vuokiin (yläreunan mitat 18x8 cm, korkeus 5 cm) pursotuspussia käyttäen. Leipiä nostatettiin 40 minuuttia 35 °C:ssa ja 75 %:n kosteudessa nostatuskaapissa (Lillnord Top Line, Lillnord AS, Odder, Tanska). Paisto tapahtui 190 °C:ssa 20 minuutin ajan ja 15 sekunnin höyrytyksellä kiertoilmauunissa (Sveba Dahlen, Ruotsi). Valmiit leivät jäähdytettiin puuritilällä tunnin ajan liinalla peitettynä, jonka jälkeen ne punnittiin ja pakattiin suljettaviin minigrip-pusseihin. Leivät säilytettiin huoneenlämpötilassa.

### 3.1.6 Leipien laatuominaisuudet

Valmiista leivistä määritettiin paino, ominaistilavuus, paistohäviö, väri kuoresta ja sisältä sekä tehtiin vanhenemistutkimus Texture Analyserilla käyttäen tekstuuriprofiilianalyysia (TPA) 24 h ja 48 h leivonnan jälkeen. Tuloksista laskettiin keskiarvot, keskihajonnat sekä TPA-tuloksista suhteelliset keskihajonnat. Kuvat kokonaisista leivistä ja niiden leikkauspinnoista otettiin valaistussa kaapissa (VeriVide, Englanti). Lisäksi tehtiin aistinvarainen arviointi asiantuntijaraadin avustuksella arviointiin suunnitellulla lomakkeella (liite 1) sekä vertailtiin leipien huokoskokojen eroja Porentabellen-taulukkoa apuna käyttäen (liite 2).

Leipien ominaistilavuus määritettiin VolScan Profiler -laitteistolla (Stable Microsystems, Englanti), jossa leivän paino syötettiin VolScan-ohjelmaan ja leipä aseteltiin laitteeseen kiinni kahden neulan väliin. Jokaisen leivän ominaistilavuus mitattiin kerran ja näistä tuloksista laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat.

Leivistä mitattiin väri Minolta -värimittarilla (Minolta CR-400, Konica Minolta Sensing Inc, Osaka, Japani). Sekä kuoresta että sisuksesta väri mitattiin kolmesta eri kohdasta käyttäen  $L^*a^*b$ -arvoista L-arvoa eli vaaleutta. Mitä tummempi väri leivässä oli, sitä pienempi oli mitattu L-arvo.

Leivistä tutkittiin Texture Analyserillä leivän sisuksen kovenemista tekstuuriprofiilianalyysillä eli TPA-menetelmällä. Ensimmäinen mittaus tehtiin 24 h leivonnan jälkeen kolmesta leivästä, joista jokaisesta tehtiin kaksi rinnakkaista mittausta.

Seuraava mittaus tehtiin 48 h leivonnasta samalla periaatteella. Leivästä leikattiin 2,5 x 2,5 cm kuutio, joka asetettiin koettimen (halkaisija 3,6 cm, P/36R) alle. Ohjelma kalibroitiin seuraavin parametrein: palautumiskorkeus 35 mm, palautumisnopeus 20 mm/s ja nollatason tunnistusvoima 10 g. Mittauksessa koettimen nopeus oli 2,0 mm/s, mittausmatka 40 %:n kuormituksella kolmen sekunnin ajan ja näytteen pinnan tunnistusvoima 5 g.

### 3.1.7 Leipien aistinvarainen arviointi

Leipien aistinvaraista arviointia varten suunniteltiin lomake, jossa arvioitavien ominaisuuksien voimakkuutta arvioitiin 100 mm:n pituisella päistään ankkuroidulla jana-asteikolla. Arvioitavat ominaisuudet olivat rakenteen huokoskoko silmämääräisesti, tattarin maun voimakkuus ja leivän rakenteen pehmeys, kumimaisuus ja kosteus käsin ja suutuntumalla arvioiden. Arviointia varten tehtiin erilliset leivät jokaisen taikinatuloksen taikinasta. Leivät arvioitiin kaksi kertaa, 24 h ja 48 h leivonnan jälkeen. Asiantuntijaraati koostui viidestä motivoituneesta henkilöstä, jotka koulutettiin arviointilomakkeen käyttöön ja leipien arviointiin ennen varsinaista arviointia. Arviointi tapahtui hyvin valaistussa ja rauhallisessa luokkatilassa.

Jokaisesta arvioitavasta leivästä leikattiin kaksi 10 mm:n paksuista viipaletta jokaiselle raatilaiselle ennen arvioinnin alkua ja näytteet laitettiin suljettuun ja numeroituun minigrip-pussiin odottamaan arviointia. Arviointia varten ei ollut fyysisiä vertailunäytteitä kuvaamaan jana-asteikon ääripäitä, mutta ennen arviointia ääripäät selitettiin esimerkein. Raatia pyydettiin lukemaan ohjeistus läpi, arvioimaan leivät vasemmalta oikealle ja huuhtelemaan suu jokaisen näytteen välillä. Janalle merkittiin pystyviivalla ja näyttenumerolla arvioidun ominaisuuden koettu voimakkuus.

### 3.1.8 Tilastollinen testaaminen

Tuloksia tarkasteltiin tilastollisesti analysoimalla tulosten normaalijakautuneisuus sekä varianssien yhtäsuuruus ja näiden testien perusteella käytettiin joko ei-normaalijakautuneille tuloksille soveltuvaa testiä tai t-testiä, jos tulokset olivat normaalijakautuneita. Etenevästä ja käänteisestä ekstruusiosta saaduista tuloksista selvitettiin, oliko jauhosekoitusten konsistenssituloksissa tilastollisesti merkitsevää eroa. Käänteisellä ekstruusiolla tehdystä öljyn pinnan vaikutuksesta tuloksiin selvitettiin myös mahdollinen tilastollinen eroavuus.

Leipien laatuominaisuuksista selvitettiin eroavaisuudet värin, ominaistilavuuden ja paistohäviön suhteen. Vanhenemistutkimuksen eli TPA-mittausten tuloksista katsottiin sekä leipäkohtaiset erot että leipien sisäiset erot 24 h ja 48 h mittausten väliltä. Myös aistinvaraisesta arvioinnista tutkittiin leipäkohtaisia eroja arvioitujen ominaisuuksien ja eri arviointikertojen suhteen.

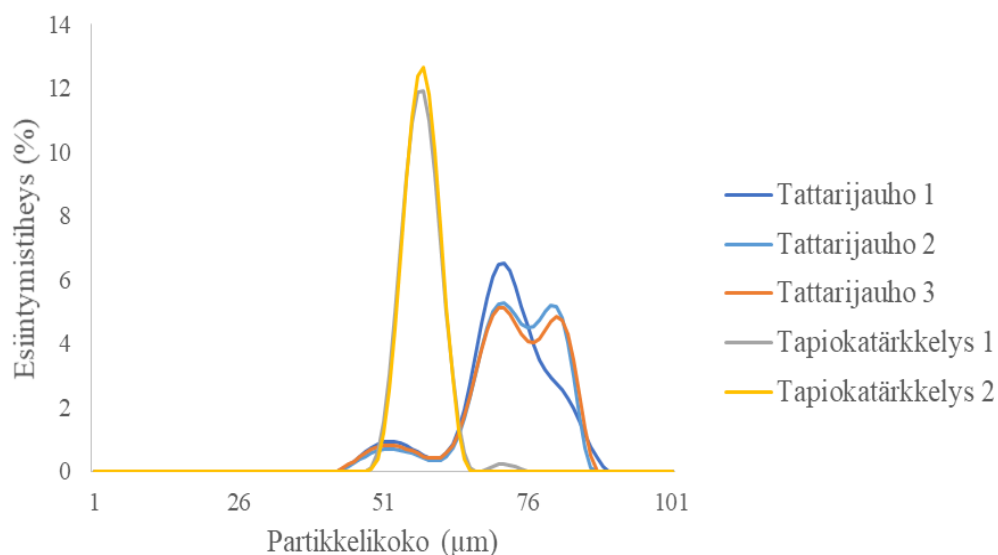
Lisäksi käänteisen ekstruusion eri jauhoseosten konsistenssituloksista, TPA-mittausten, ominaistilavuuden ja veden määrän välisiä korrelaatioita tutkittiin Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla. Lisäksi haluttiin selvittää aistinvaraisen arvioinnin tuloksista löytyikö leipien väliltä yhtenäisiä korrelaatioita arvioitavien ominaisuuksien suhteen.

## 3.2 Tulokset

### 3.2.1 Raaka-aineanalyysit ja esikokeet

Tattarijauho 1 kosteuspitoisuus erosi kahdesta muusta jauhosta sekä valmistajan että kosteuspitoisuuden suhteen (Liite 3, taulukko 4). Tattarijauho 1 käytettiin vain esikokeissa eikä varsinaisissa mittauksissa. Tapiokatärkkelykset olivat samalta valmistajalta ja kosteuspitoisuudet lähellä toisiaan. Jauhoja punnittaessa farinografia sekä Texture Analyserilla tehtäviä konsistenssimittauksia varten jauhojen 14 % kosteuspitoisuudesta poikkeavat kosteudet otettiin huomioon.

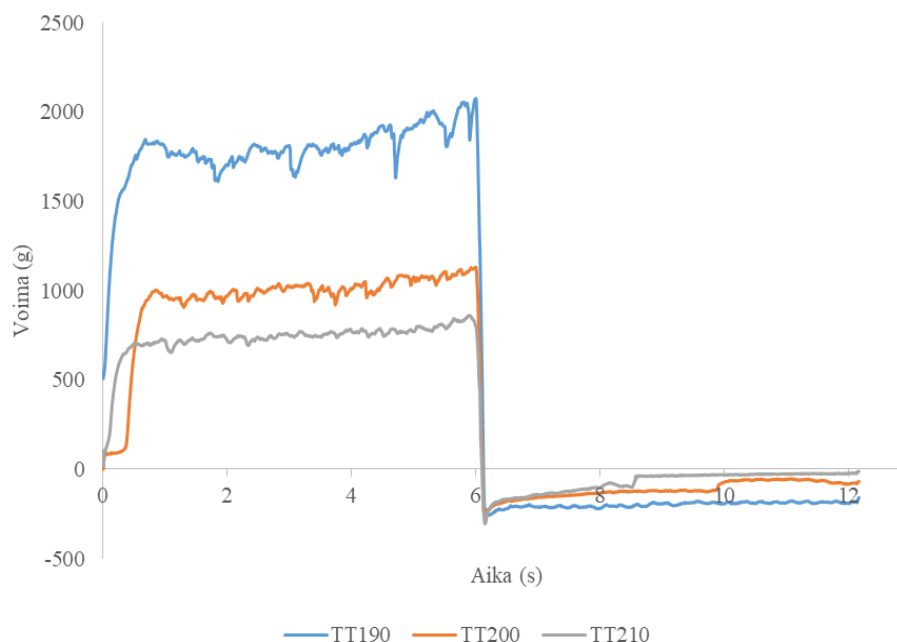
Kuvassa 8 on sekä tattarijauhojen 1, 2 ja 3 sekä tapiokatärkkelyksien 1 ja 2 partikkelijakaumat. Tattarijauhot 2 ja 3 olivat myös partikkelijakaumaltaan lähes identtiset. Myös tapiokatärkkelykset olivat samalta valmistajalta, mutta eri erää ja myös niiden partikkelijakaumat olivat samanlaiset. Koska tattarijauhojen 2 ja 3 partikkelijakaumat olivat käytännössä samat eikä kosteuspitoisuuksissa ollut eroa, jauhoista tehtiin oletus, että ne olisivat samaa jauhoa. Partikkelijakaumasta nähdään, miten tärkkelyksen partikkelijakauma on tasaisempi kuin tattarijauhojen jakaumat, joista on nähtävissä kaksi piikkiä yhden sijaan. Jauho voidaan määritellä hienojakoiseksi, kun partikkelikoosta 50 % on alle 132 µm, joka pätee näiden tulosten perusteella sekä tattarijauhoja, että tapiokatärkkelyksiä.



Kuva 8. Tattarijauhojen ja tapiokatärkkelysten partikkelijakauma.

### 3.2.2 Etenevä ekstruusio

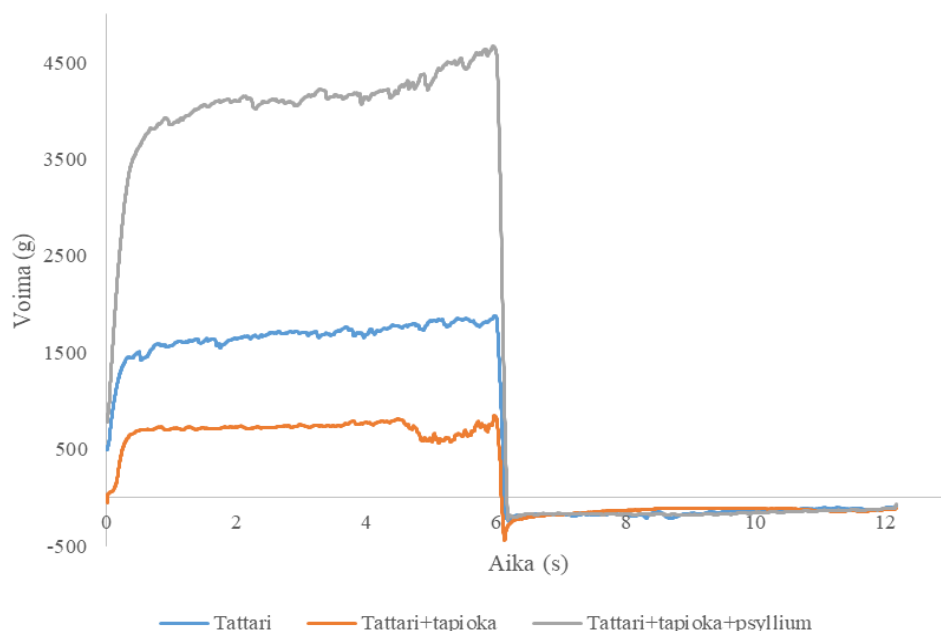
Etenevän ekstruusion mittauksissa saatiin hyvin eroja näkyviin eri taikinatulosten välillä ja konsistenssikäyrästä nähtiin selvästi, miten veden määrän lisäys taikinassa pienensi konsistenssia, jolloin käyrän alle jäävä pinta-ala pieneni (kuva 9). Veden määrän lisääntyessä pelkällä tattarijauholla tehdyn taikinan konsistenssi pieneni. Taikina oli juoksevämpää ja veden määrän taas vähentyessä konsistenssi suureni. Myös muilla jauhosekoituksilla oli nähtävissä sama veden vaikutus taikinatulosten välillä konsistenssikuvaajissa (liite 4, kuvat 21 ja 22).



Kuva 9. Tattarista valmistetun taikinän konsistenssikäyrät taikinatuloksissa 190, 200 ja 210 etenevällä ekstruusiolla mitattuna.

Taikinatuloksella 190 tehdyissä mittauksissa psylliumia sisältävän taikinän konsistenssi oli huomattavasti suurempi kuin kahden muun seoksen (kuva 10). Kuten odotettiin, pienin konsistenssi oli tattari-tapioka-sekoituksella valmistetulla taikinalla eikä pelkällä tattarista valmistetulla taikinalla sillä tärkkelys ei juuri sido taikinassa vettä itseensä. Myös taikinatuloksilla 200 ja 210 oli nähtävissä sama konsistenssien ero jauhosekoitusten välillä. Jokaisella taikinatuloksella 190, 200 ja 210 oli myös tilastollisesti merkitsevää eroa tattarijauho-tapiokatärkkelys ja tattarijauho-tapiokatärkkelys-psyllium –sekoituksilla (p-arvot liite 4, taulukot 6-8).

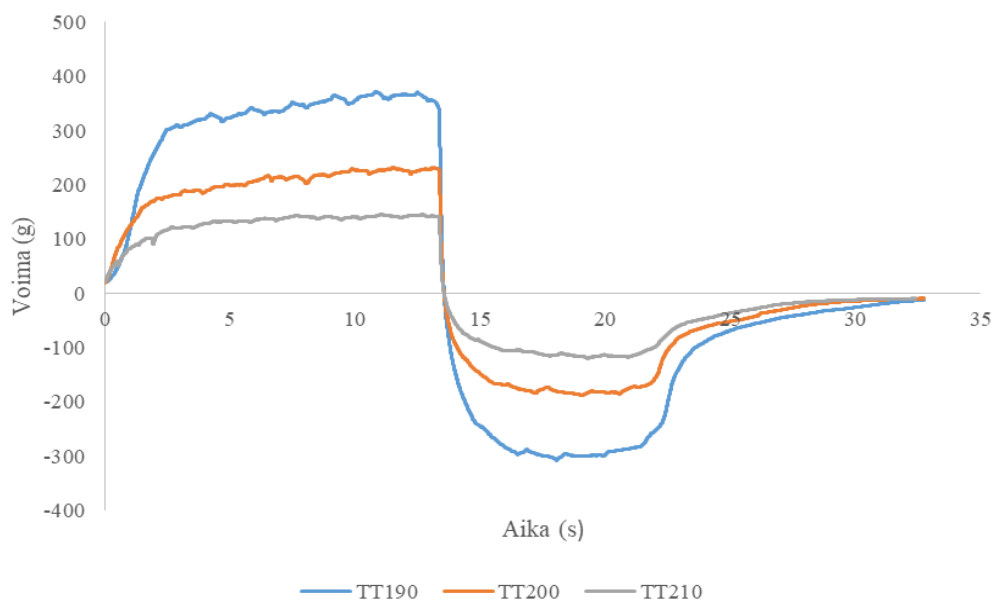




Kuva 10. Etenevällä ekstruusiolla mitattuna eri jauhoseosten konsistenssikäyrät taikinatuloksella 190.

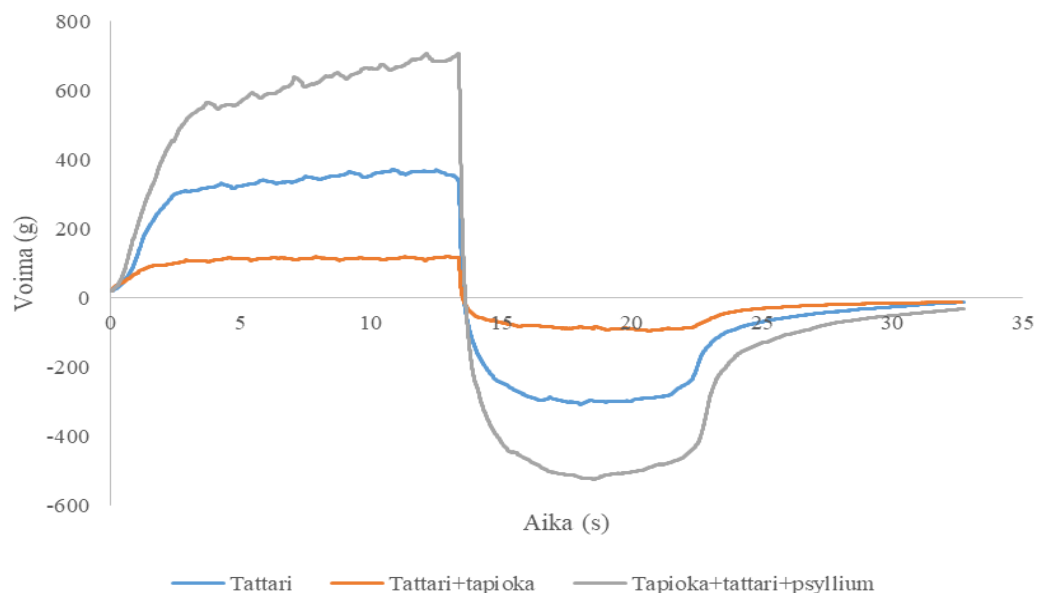
### 3.2.3 Käänteinen ekstruusio

Käänteisellä ekstruusiolla mitatun tattaritaikinan konsistenssi osoitti, että vähemmän vettä sisältävän taikinan TT190 konsistenssi on huomattavasti korkeampi kuin enemmän vettä sisältävien taikinoiden (kuva 11). Tulokset olivat siis täysin linjassa etenevällä ekstruusiolla saatuihin tuloksiin verrattuna. Käänteisen ekstruusion kuvaajat olivat tasaisempia ja käyrät alkoivat hyvin läheltä nollassa, mikä oli tavoitteena. Näin ollen saatiin tarkempi ja oikeampi kuva käyrän alle jäävästä positiivisesta pinta-alasta eli konsistenssista. Käänteisellä ekstruusiolla saatiin myös paremmin informaatiota taikinoiden koheesivoimista, jota kuvaa negatiivinen pinta-ala konsistenssikäyrissä. Myös tässä veden määrä vaikutti huomattavasti koheesioon, sillä mitä vähemmän vettä taikinassa oli, sitä pienempi koheesio sillä oli, jolloin se oli venyvää ja tarttuvaa levykoettimen noustessa taas ylös,



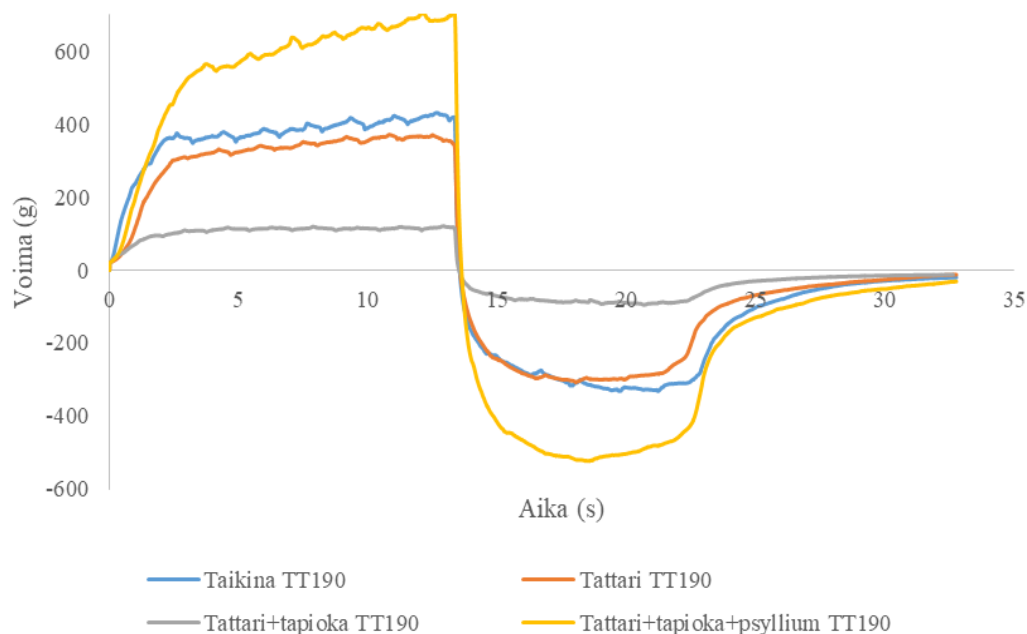
Kuva 11. Käänteisellä ekstruusiolla mitatut tattaritaikinoiden konsistenssikäyrät taikinatuloksilla 190, 200 ja 210.

Myös käänteisellä ekstruusiolla mitattuna eri jauhoseosten konsistenssikäyrät taikinatuloksella 190 noudattivat samaa järjestystä kuin etenevässä ekstruusiossa (kuva 12). Psylliumia sisältävän taikinan konsistenssi oli korkein ja tapioka-tattari sekoituksella tehdyn taikinan konsistenssi matalin. Psylliumin lisääminen taikinaa lisäsi taikinan venyvyyttä ja muotoiltavuutta, josta kertoo myös koheesion lasku. Tattari-tapioka seoksesta valmistettu taikina oli kaadettavaa eikä tarttuvaa, jolloin sillä oli myös korkea koheesio. Täysin samaa tulosta saatiin myös muista jauhoseoksista valmistettujen taikinoiden mittauksista sekä veden määrän suhteen (liite 5), että jauhoseosten suhteen.



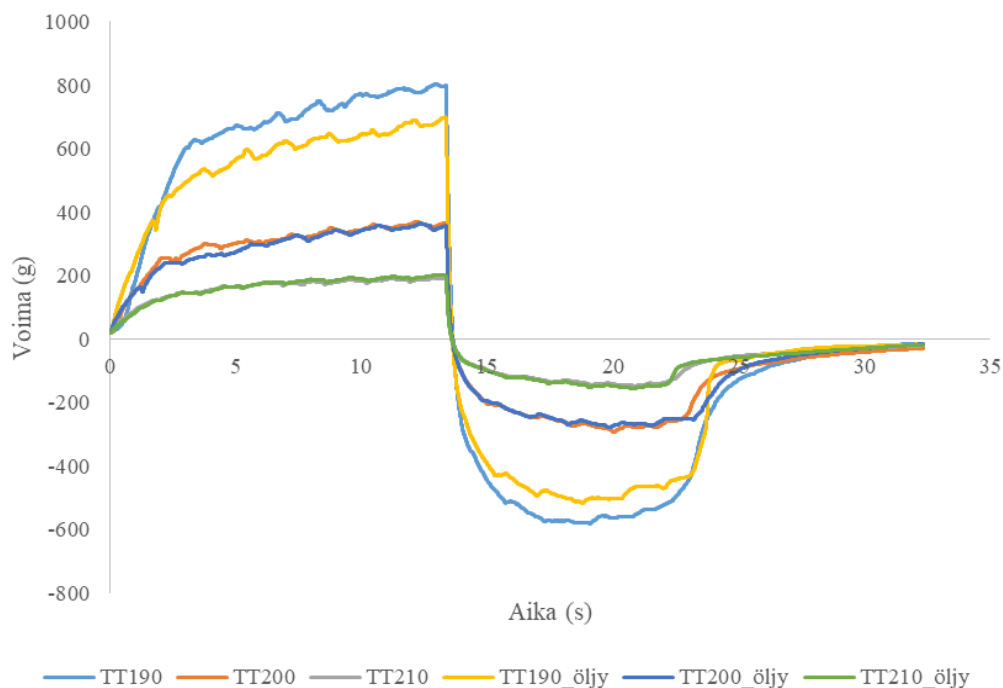
Kuva 12. Eri jauhosekoitusten konsistenssikäyrät käänteisellä ekstruusiolla mitattuna.

Koeleivontaa varten valmistetuista taikinoista mitattiin käänteisellä ekstruusiolla leipätaikinan konsistenssi heti taikinoiden valmistuttua ilman 30 minuutin odotusta. Kun leipätaikinan konsistenssikäyrää verrattiin eri jauhosekoituksista valmistettujen taikinoiden käyriin niistä nähtiin, ettei taikinatuloksella leipätaikinan ja pelkästä tattarijauhosta valmistetun taikinan välillä ollut suurta eroa käyrien välillä (kuva 13). Tilastollisen analysoinnin perusteella voitiin todeta, ettei näiden kahden taikinan konsistenssien välillä ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Sama oli nähtävissä myös muilla taikinatuloksen taikinoilla sekä konsistenssikäyristä (liite 5, kuvat 25 ja 26), että tilastollisen testaamisen perusteella (liite 5, taulukko 10).



Kuva 13. Käänteisen ekstruusion konsistenssikäyrät jauhosekoitusten taikinoille sekä koeleivonnan yhteydessä tehdylle leipätaikinalle.

Öllytestillä haluttiin selvittää, vaikuttiko tattarijauho-tapiokatärkkelys-psyllium sekoituksella valmistetun taikinan näytepinnan epätasaisuus konsistenssimittaustuloksiin ja oliko öljytyllä näytepinnalla eroa tuloksissa. Konsistenssikäyristä nähdään, että ei-öljytyn ja öljytyn pinnan välillä ei ollut selkeää eroa taikinatuloksilla 200 ja 210, sillä käyrät kulkivat lähestulkoon päällekkäin (kuva 14). Taikinatuloksella 190 näytti olevan pieni ero ei-öljytyn ja öljytyn pinnan välillä, mutta tilastollisen analysointi t-testillä paljasti, ettei ei-öljytyn ja öljytyn pinnan välillä ollut tilastollisesti merkitsevää eroa millään taikinatuloksen taikinalla (p-arvot liitteessä 5, taulukko 13).



Kuva 14. Öljytestin konsistenssikäyrät tattari-tapioka-psyllium –sekoituksen taikinalla tehtynä.

Menetelmän toimivuutta arvioitiin tilastollisella analyysillä. Menetelmää testattiin kahdella eri jauholla ja kolmella eri taikinatuloksella eikä jauhojen välillä ollut tilastollista eroa (liite 5, taulukko 14).

Tutkittiin myös, onko erilaisilla jauhosekoituksilla tilastollisesti merkitsevää eroa. Tulosten ollessa ei-normaalijakautuneita Kruskal-Wallis-testin mukaan eroa oli jokaisella taikinatuloksella p-arvojen ollessa 0,000 taikinatuloksille TT190, TT200 ja TT210. Erot taikinoiden välillä nähdään liitteestä 5 taulukosta 9.

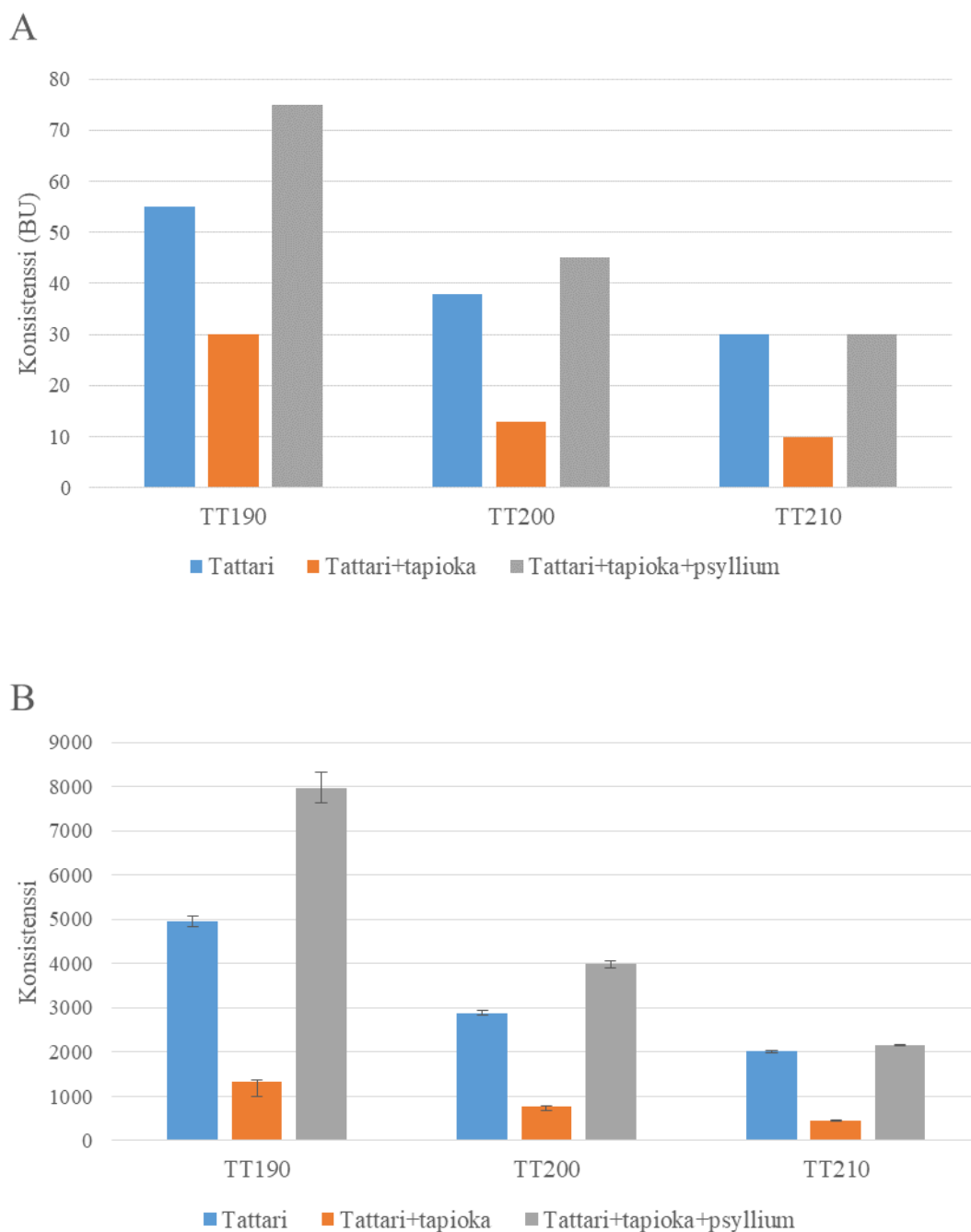
Etenevästä ja käänteisestä menetelmästä saaduista tuloksista laskettiin keskiarvot, keskihajonnat sekä suhteellinen keskihajonta kaikilla taikinatuloksilla sekä kaikilla jauhoseoksilla (liite 6, taulukko 15). Tuloksissa oletettiin tattarijauho 2 ja 3 olevan samaa tattarijauhoa, sillä ne eivät juurikaan eronneet toisistaan kosteuspitoisuuden tai partikkelikoon mukaan ja ne olivat samalta valmistajalta vain eri erän tattarijauhoa. Etenevän ekstruusion mittauksissa oli rajoitteita menetelmän käytettävyyden suhteen ja se näkyi myös suurina hajontoina (taulukko 3). Käänteisen ekstruusion kohdalla tulokset olivat selvästi toistettavampia ja tasaisempia, mikä korreloi hyvin myös menetelmän helppoutena etenevään ekstruusioon verrattuna.

Taulukko 3. Eri menetelmien tulosten keskiarvot, -hajonnat ja suhteellinen keskihajonta tattarijauhon konsistensseista eri taikinatuloksilla.

	ka.	Tattari kh.	RSD %
Käänteinen			
TT190	4560	454	9,9
TT200	2750	168	6,1
TT210	1890	138	7,3
Etenevä			
TT190	10200	793	7,8
TT200	8490	3610	42
TT210	5500	3150	57

### 3.2.4 Farinografimittaus tattaritaikinoista

Farinografilla (kuvassa 15A) mitattiin eri jauhosekoituksilla ja taikinatuloksilla taikinoiden konsistenssit ja niitä verrattiin käänteisellä ekstruusiolla (kuvassa 15B) saatuihin tuloksiin histogrammien avulla. Tuloksista huomattiin, että konsistenssit noudattivat yhtenäistä trendiä konsistenssien muutosten suhteen sekä jauhosekoitusten että taikinatulosten välillä. Vähemmän vettä sisältävässä TT190-taikinassa erot eri jauhosekoitusten välillä oli suuremmat, mutta veden määrän lisääntyessä erot erityisesti tattarin ja tattari-tapioka-psyllium-sekoitusten välillä pienenevät eikä taikinatuloksella 210 ollut enää juurikaan eroa näiden kahden sekoituksen välillä. Psylliumilla voitiin todeta olevan suurin vaikutus taikinan konsistenssiin, jos taikinassa oli riittävän vähän vettä, kuten taikinatuloksella 190. Kun vettä oli ylimäärin, kuten taikinatuloksen 210 taikinassa, psylliumin vedensidontakyky täyttyi, eikä taikinan konsistenssi eronnut juurikaan pelkästä tattarijauhosta valmistetusta taikinasta.



Kuva 15. Farinografilla (A) mitattu konsistenssi ja käänteisellä ekstruusiolla (B) mitattu konsistenssi.

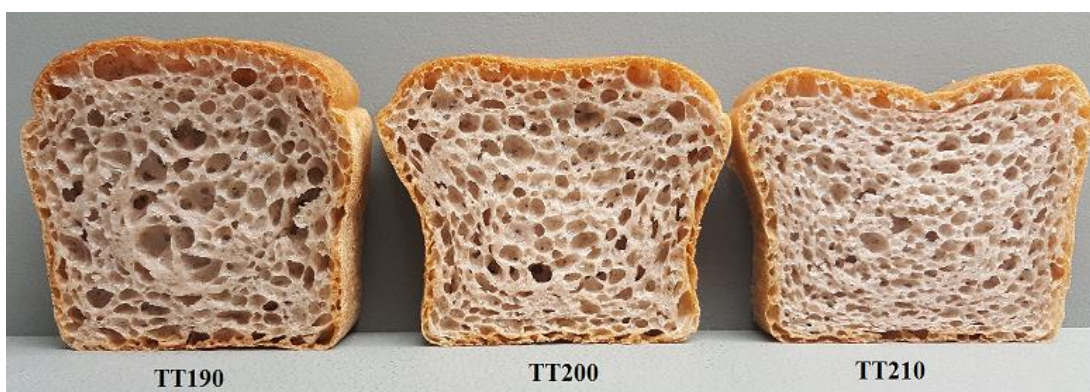
### 3.2.5 Tattarileivän laatu

#### Paistohäviö ja ominaistilavuus

Leipien poikkileikkauksista nähtiin hyvin leipien väliset rakenteelliset ja ulkonäölliset erot (kuva 16). Kun veden määrä taikinassa kasvoi, näkyi vaikutus myös leivän rakenteessa keskikohdan vajoamisena, mutta myös huokoskoon pienentymisenä ja tasaantumisenä. Vaikka taikinatuloksen 190 leipä näytti silmämääräisesti parhaiten kohonneelta leipien

ominaistilavuuksien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ( $p$ -arvo = 0,376). Paistohäviö kasvoi veden määrän lisääntyessä ja leipien osalta eroja löytyi TT190/TT200 ja TT190/TT210 väliltä  $p$ -arvon ollessa 0,000 molemmissa tapauksissa (liite 7, taulukko 18).

Porentabellen-huokostaulukon vertailussa taikinatulokset 190 leivän huokoskoko oli niin suuri, ettei taulukko riittänyt sen arviointiin, mikä takia sille ei annettu arviota. Taikinatuloksella 200 leivän huokoskoon arvioitiin olevan keskimäärin tasolla 1 ja taikinatuloksella 210 keskimäärin tasolla 3. Veden lisäys näin ollen pienensi ja tasoitti huokoskokoa.



Kuva 16. Poikkileikkaus taikinatuloksen 190, 200 ja 210 leivistä.

### Väri

Leipien väriä arvioitiin käyttämällä L-arvoa mittausdatasta, jonka suuruus kertoi leivän tummuudesta eli mitä korkeampi L-arvo oli, sen tummempi myös leipä oli. Leipien kuoron ulkomuodossa ja värissä oli eroja (kuva 17). Taikinatuloksella 190 leipä oli päältä pyöreä ja sen väri oli taikinatuloksen 210 leipään verrattuna tummempi (liite 7, taulukko 20). Ulkomuodoltaan se muistutti eniten hyvin kohonnutta vuokaleipää, mutta kuoren repeytymisen tai epätasaisuuden suhteen leivissä ei juurikaan ollut eroja. Kun veden määrä taikinassa kasvoi, väri vaalentui leivän päältä ja reunoista sekä lisäksi myös leivän sisuksesta. Tämä voitiin todeta myös tilastollisen analysoinnin perusteella (liite 7, taulukko 21 ja 22).

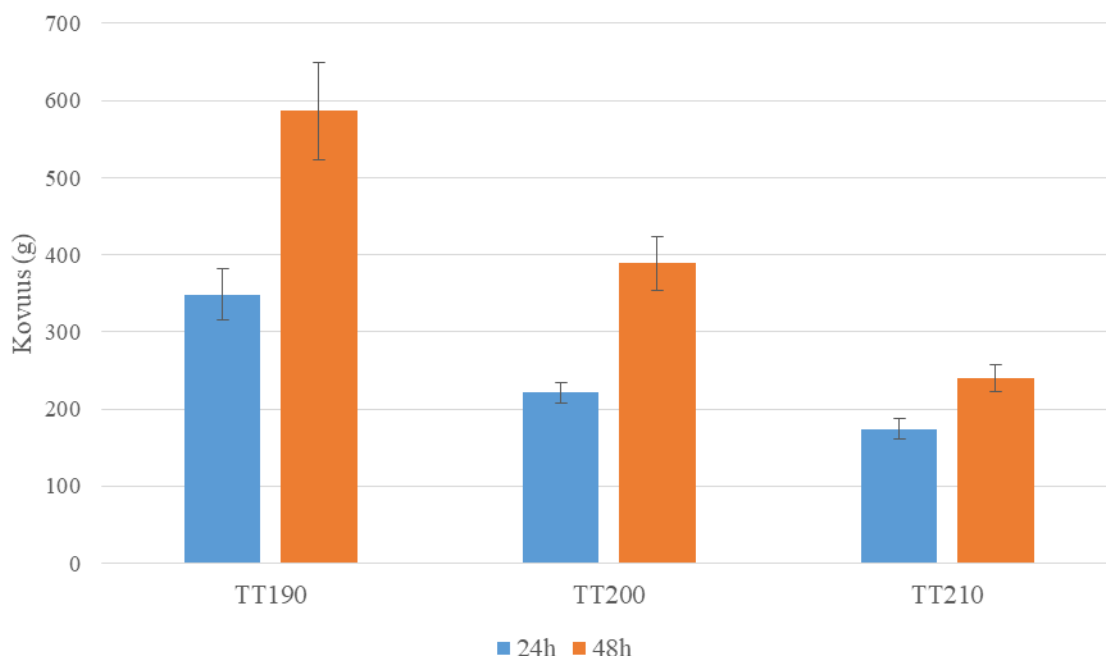




Kuva 17. Leivät sivusuunnasta kuvattuna eri taikinatuloksilla leivottuna.

### Vanhenemistutkimus - TPA

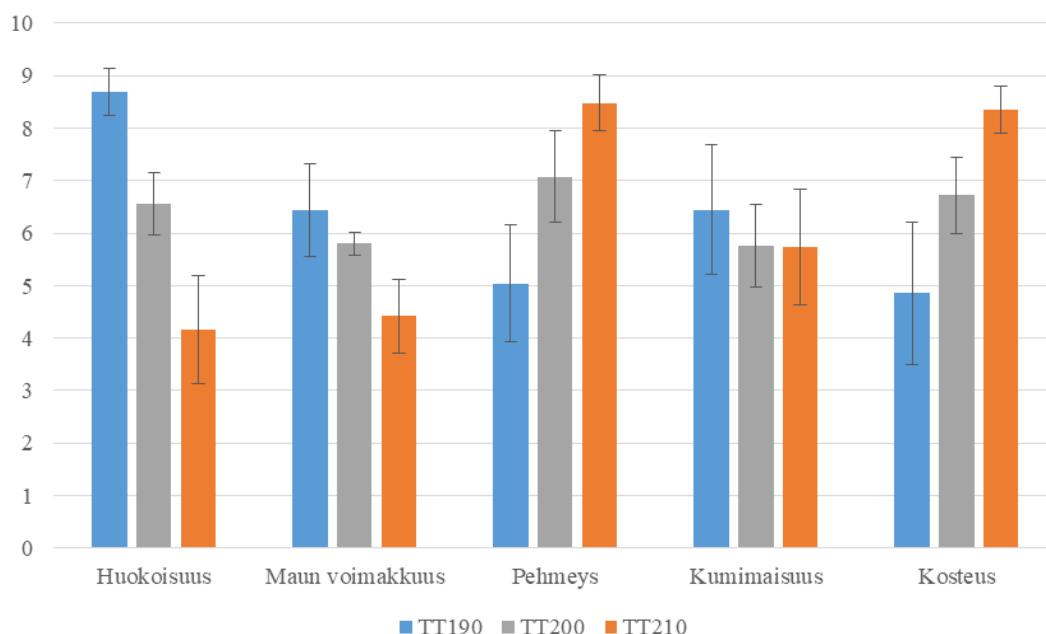
Leivän vanhenemistutkimuksen tuloksista nähtiin selvästi, miten leivän sisuksen kovuus väheni leipien välillä taikinan veden määrän lisääntyessä (kuva 18). Jokaisen leivän kovuus lisääntyi 24h ja 48h säilytyksen välillä, mikä kuuluu leivän luonnolliseen vanhenemisprosessiin. Jokaisella eri taikinatuloksen leivällä oli kovuuden suhteen tilastollisesti merkitsevä ero 24 h ja 48 h mittausten välillä p-arvoilla = 0,000 (liite 8, taulukko 27) ja sama ero oli nähtävissä myös leipien välillä (liite 8, taulukko 28). Eron leivissä huomasi myös käsituntumalla mittauksia tehdessä. Huolimatta kovuuden lisääntymisestä sisus leivissä pysyi melko miellyttävänä, mutta kuori kuivui nopeasti kovettumisen sijaan, mikä vaikutti yleisesti leivän miellyttävyyteen.



Kuva 18. Leipien kovuus 24 h ja 48 h tunnin TPA-mittauksista.

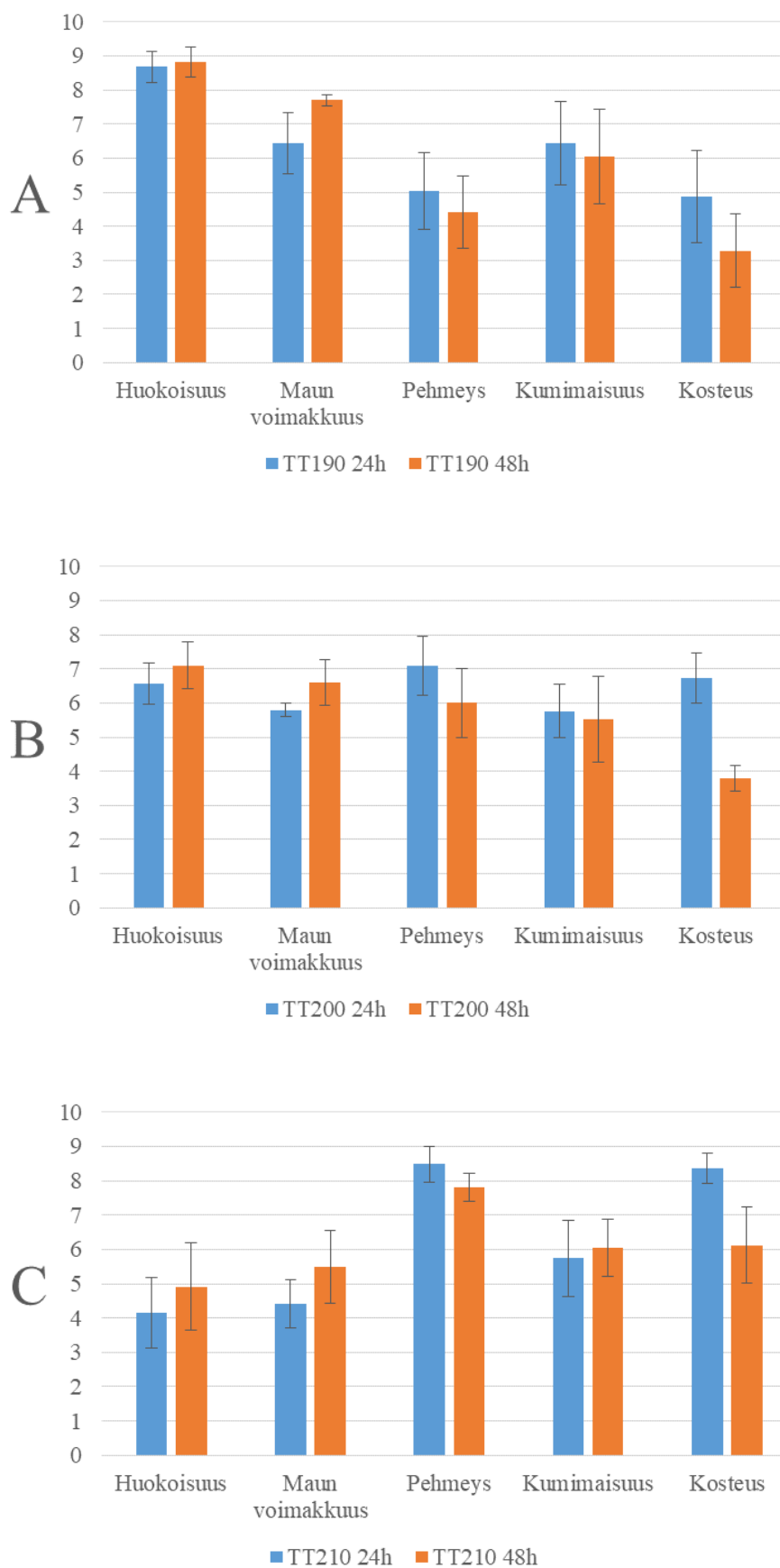
### Aistinvarainen arviointi

Asiantuntijaraati arvioi leivät aistinvaraisesti 24 h ja 48 h leivonnan jälkeen arviointia varten suunnitellun lomakkeen avulla. Arvioitavat ominaisuudet olivat sisuksen huokoisuus, maun voimakkuus, leivän pehmeys, kumimaisuus ja kosteus ja näistä ominaisuuksista löydettiin hyvin eroja keskiarvojen perusteella (kuva 19). Veden määrän lisääntyessä taikinassa leivät koettiin selvästi pehmeämpinä sekä kosteampina. Veden määrän taas vähentyessä huokoisuuden ja maun voimakkuuden koettiin lisääntyvän. Samaa tulosta antoi myös Friedmanin varianssianalyysi, sillä taikinatulosten leivillä 190 ja 210 välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero ( $p < 0,05$ ) huokoisuudessa, maun voimakkuudessa ja kosteudessa. Pehmeudessa TT190/TT200 sekä TT190/TT210 välillä oli myös tilastollisesti merkitsevä ero (p-arvot liitteessä 9, taulukko 30). Leipien välillä ei ollut merkitsevää eroa aistitussa kumimaisuudessa keskimäärin ( $p = 0,122$ ).



Kuva 19. Aistinvaraisen arvioinnin tulosten keskiarvot ja -hajonnat 24 h arvioinnin kohdalla, n=5.

Tutkittaessa ominaisuuksien eroavaisuuksia arviointien 24 h ja 48 h välillä taikinatuloksen 190 ja 210 leivissä ei histogrammeissa (kuva 20, A ja C) näkyvistä pienistä eroista huolimatta ollut tilastollisesti merkitsevää eroa minkään ominaisuuden kohdalla (liite 9, taulukko 31 ja 33). Taikinatuloksen 200 (B) leivissä kosteuden arvioitiin vähentyneen tilastollisesti merkitsevällä tavalla (liite 9, taulukko 32). Lisäksi myös huokoisuuden arvioitiin muuttuneen, mutta kyseistä ominaisuutta arvioitiin kuitenkin vain ulkonäöllisesti, joten tilastollinen ero johtunee erilaisista arviointitavoista päivien välillä.



Kuva 20. Aistinvaraisten arviointien keskiarvot ja -hajonnat eri leivillä (A=190, B=200, C=210) arviointikerrat eriteltynä, n=5)

### 3.2.6 Tulosten korrelaatio

Tulosten keskinäistä korrelaatiota tutkittiin Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla (liite 10). Etenevän ekstruusion tarkastelu jätettiin näistä pois, sillä se ei ollut menetelmänä toimiva eikä siihen enempää panostamista pidetty hyödyllisenä tämän tutkimuksen kannalta. Veden määrä taikinoissa ja leivissä vaikutti moneen asiaan, mikä on tullut jo aikaisemmissa tuloksissa esille ja negatiivinen korrelaatio löytyi TPA-mittausten sekä erilaisten jauhoseosten väliltä. Tämä kertoi sen mikä oli nähtävissä myös yksittäisissä tuloksissa eli vesi ja käytetty jauhoseos vaikuttivat taikinan konsistenssiin ja leivän kovuuteen. Mitä enemmän vettä käytettiin, sitä matalampi taikinan konsistenssi oli ja sitä pehmeämpi eli vähemmän kova leipä saatiin aikaan. Vaikka kaikilla jauhoseoksilla oli korkea korrelaatiokerroin, korkeimmat kertoimet löytyivät silti tattarijauholta (0,982) ja tattarijauho-tapioka-psyllium -sekoituksilta (0,967).

Aistinvaraisesti arvioitavien ominaisuuksien välisistä korrelaatioista ei löytynyt yhtä ja samaa ominaisuutta, joka olisi korreloinut jokaisessa leivässä (liite 10 taulukko 34). Taikinatuloksella 190 leivistä löytyi positiivinen korrelaatio kumimaisuuden ja pehmeiden väliltä eli mitä kumimaisemmaksi näyte arvioitiin, sitä pehmeämpi se oli. Taikinatuloksella 200 positiivinen korrelaatio leivissä oli huokoisuuden ja pehmeiden, huokoisuuden ja kumimaisuuden sekä kumimaisuuden ja pehmeiden välillä, joista viimeinen oli sama kuin taikinatuloksen 190 leivissä. Taikinatuloksella 210 ainoa positiivinen korrelaatio leivissä oli huokoisuuden ja maun voimakkuuden välillä eli mitä huokoisempi leipä, sitä voimakkaampi koettiin maun leivässä olevan. Vaihtelevat tulokset selittynevät veden määrän vaihteluilla leipien välillä sekä myös itse raadin arvioinneista aiheutuvilla vaihteluilla.

## 3.3 Pohdinta

### 3.3.1 Esikokeet

Monet tekijät vaikuttavat leivontalaatuun, kuten viljalajike, jauhatustapa ja -aste (Hera ym. 2012). Useissa tutkimuksissa on selvitetty, miten jauhojen partikkelikoko vaikuttaa leivontalaatuun ja esimerkiksi riisijauhoja käytettäessä karkeammista jauhoista, joissa on näin ollen suurempi partikkelikoko ja suuremmalla veden määrällä on saatu aikaan tilavuudeltaan suurin leipä (Hera 2014). Tämä selittyy sillä, että karkeammilla jauhoilla on parempi kyky ylläpitää rakennetta leivän kohotessa. Pienemmillä jauhopartikkeleilla on myös suurempi kosketuspinta-ala ja ne vaativat enemmän vettä vettyäkseen eli

hydratoituakseen. Tutkimuksessa karkeammilla jauhoilla havaittiin olevan suurempi paistohäviö, joka selittyi pienemmällä kosketuspinta-alalla verrattuna hienompijakeisiin jauhoihin ja näin ollen pienempään veden imeytymiseen.

Tässä työssä leivontaan käytetystä tattarijauhosta 50 % partikkelikoosta oli alle 120 µm:n kokoista eli puolet partikkelikoosta oli hienojakoista Heran (2014) tutkimuksessa tehdyn jaon mukaan, jossa hienojakoinen jauho oli määritetty partikkelikooltaan olevan alle 132 µm. Lisäksi jauho 2 ja 3 olivat samalta valmistajalta vain eri erää ja ne olivat partikkelijakaumaltaan sekä kosteuspitoisuudeltaan hyvin lähellä toisiaan, joten niitä voitiin pitää tulosten kannalta samoina jauhoina.

### 3.3.2 Ekstruusiomenetelmät

Etenevä ekstruusio menetelmänä on kehitetty soveltuvaksi esimerkiksi kastikkeille, geeleille ja viskooseille nesteille (Stable Micro Systems 2014). Menetelmällä mitataan voimaa, joka tarvitaan, jotta näyte puristuu näyteastian pohjasta olevasta reiästä ulos. Gluteeniton taikina on usein juoksevampaa kuin tavallinen vehnätaikina (Cappa ym. 2013), joten menetelmän odotettiin soveltuvan myös taikinan konsistenssin mittaamiseen hyvin, vaikka tieteellisiä artikkeleita menetelmän käytöstä ei juuri löytynyt. Osattiin odottaa toisistaan poikkeavia konsistensseja veden määrän muuttuessa taikinoissa ja lisäksi erilaisten jauhoseosten odotettiin olevan konsistenssiltaan erilaisia.

Käänteistä ekstruusiota on käytetty selvästi enemmän tutkimustyössä. Esimerkiksi Agudelo ym. (2014) käyttivät menetelmää tutkiessaan tapiokatärkkelyksen potentiaalia sakeuttamisaineena. Sciarini ym. (2010) käyttivät menetelmää gluteenittoman leipätaikinan konsistenssin mittaukseen erilaisilla hydrokolloidi lisäyksillä ja tulokset olivat melko samaa suuruusluokkaa tässä työssä saatujen tulosten kanssa. Heidän päätelmänsä tutkimuksessaan oli, että korkean vesipitoisuuden taikinoissa leivän tilavuuteen vaikuttaa taikinan konsistenssi enemmän kuin vähemmän vettä sisältävissä taikinoissa.

Etenevä ekstruusio paljastui epäkäytännölliseksi menetelmäksi. Löysä taikina alkoi valua näyteastian pohjasta jo ennen kuin mittaus saatiin käynnistettyä, mikä vaikutti tuloksiin huomattavasti. Käänteinen ekstruusio oli käytännöllisempi ja se mahdollistaisi myös konsistenssin mittauksen ilman erillistä näyteastiaa, millä voisi minimoida näytteeseen kohdistuneen rasituksen vaikutuksen tuloksiin (Bourne 2002b). Jos mietitään menetelmän heikkouksia verrattuna esimerkiksi farinografiin niin käänteinen ekstruusio vie enemmän aikaa nykyisellä menetelmällä 30 minuutin odotusajan vuoksi eikä ole samalla tavalla

muunneltavissa esimerkiksi vedensidonnan mukaan kesken mittauksen. Farinografi on toimiva menetelmä kuitenkin ainoastaan vehnäjauhoille, joten tarve on todellinen ja menetelmänä käänteinen ekstruusio potentiaalinen. Käytettyyn mittausohjelmaan voisi tehdä hieman muutoksia, jotta käyrä palaisi takaisin nollassa, ja näin ollen antaisi tarkemman tuloksen käyrän negatiivisesta pinta-alasta, joka kuvaa taikinan sisäisiä koheesiovoimia.

Ennen konsistenssimittausten aloittamista osattiin odottaa jauhoseoksilla olevan erilaiset konsistenssit. Tärkkelyksen gelatinisoitumisominaisuuksien vuoksi tattarijauho-tapiokatärkkelys- sekoituksella huoneenlämpötilaisen taikinan konsistenssi laski eikä noussut verrattuna pelkästä tattarijauhosta valmistettuun taikinaan, sillä vettä oli enemmän suhteessa vettä imevään jauho-osuuteen. Tällöin siis pelkästä tattarijauhosta valmistetun taikinan konsistenssi oli suurempi kuin tattari-tapioka-sekoituksella valmistetun taikinan. Huoneenlämpötilassa tärkkelys voi imeä itseensä vain 30 % vettä kuivapainostaan (Delcour ja Hoseney 2010b). Tärkkelys vaatii kuitenkin veden lisäksi oikean lämpötilan, jotta vesi imeytyisi ja tärkkelysjyvän turpoaisi kunnolla eli liisteröityisi. Erilaisista kasveista saatavilla tärkkelyksillä on erilaiset liisteröitymislämpötilat, jotka usein ovat lämpötilavälejä, joissa liisteröityminen alkaa (Eliasson ja Gudmundsson 2006). Myös rikkoutuneet tärkkelysjyvät imevät itseensä enemmän vettä kuin ehjät (Delcour ja Hoseney 2010b). Hydrokolloidit kuten psyllium taas imevät itseensä vettä myös huoneenlämpötilassa ja näin ollen lisäävät seoksen konsistenssia ilman vaadittavaa lämpötilan nostamista (Ziai 2009). Tämän vuoksi psylliumia sisältävän taikinan konsistenssi oli huomattavasti korkeampi kuin kahden muun jauhoseoksen taikinoilla.

Kun on tutkittu taikinoiden reologiaa ja konsistenssia on käytetty leipätaikinaa, josta hiiva on jätetty pois ja taikina on levännyt vain lyhyen aikaa ennen mittausta (Sciarini ym. 2010; Peressini ym. 2011). Tutkimuksia, joissa olisi käytetty yksinkertaistettuja malleja konsistenssin mittaukseen ei löytynyt. Tässä tutkimuksessa käytettiin vain yksinkertaisia jauho-vesiseoksia leipätaikinan lisäksi. Eri jauhoseoksilla valmistetuilla taikinoilla oli tilastollisesti merkitseviä eroja konsistenssien suhteen. Kuitenkin tattaritaikinalla ja leipätaikinalla tilastollista eroa ei ollut ja erityisesti tätä mahdollista yhteyttä olisi mielenkiintoista selvittää. Toki on muistettava, että leipätaikinan konsistentti mitattiin heti ja muiden jauhoseosten taikinoiden annettiin levätä 30 minuuttia, joten tästä olisi syytä lähteä liikkeelle ja tehdä mittaukset samalla lepoajalla ja valmistaa mitattava leipätaikina ilman hiivaa. Jos leipätaikinalla olisi lähes sama konsistenssi kuin pelkästä tattarijauhosta valmistetulla taikinalla ja jos se korreloisi leivontalaadun kanssa, niin

menetelmän käytettävyys helpottuisi, sillä määritettäessä vehnä jauhojen vedensidontaa farinografilla käytetään vain jauhoja sekä vettä (Cauvain 2015).

### 3.3.3 Farinografimittaus tattaritaikinoista

Farinografilla saadut tulokset olivat linjassa molempiin ekstruusiomenetelmien tuloksiin. Konsistenssi kasvoi veden vähentyessä ja pelkällä tattari-tapioka-sekoituksella saatiin matalin konsistenssi kaikilla eri taikinatuloksen taikinoilla. Farinografilla saatiin myös tietoa psylliumin toiminnasta, sillä sen huomattiin vaikuttavan konsistenssiin voimakkaammin vähemmän vettä sisältävässä taikinassa. Kun psylliumin vedensidontakapasiteetti oli täytetty taikinatuloksen 210 taikinoissa, oli ero psylliumia sisältävän taikinan ja pelkän tattarijauhotaikinan välillä enää hyvin pieni.

Cappa ym. (2013) käyttivät gluteenittomien leipätaikinoiden konsistenssin tutkimiseen farinografia ja kahta eri konsistenssitason, 200 ja 500 BU:ta ja totesivat, että matalammalla konsistenssilla saavutetaan parempi leivontatulos. Heillä 200 BU:n taikina oli löysä ja kaadettava, kun tässä tutkimuksessa käytetyllä reseptillä löysien taikinoiden konsistenssi farinografissa oli reilusti alle 100 BU:n. 200 BU:n taikina olisi ollut selvästi kovempi ja muotoiltavissa.

Lazaridou ym. (2007) tutkivat riisijauholla valmistetun gluteenittoman taikinan konsistenssia farinografilla. He huomasivat, että taikinan sekoitusominaisuudet vaihtelivat käytetyn hydrokolloidin mukaan ja vaikka konsistenssikäyrä saatiin 2 %:n ksantaanilisäyksellä muistuttamaan vehnätaikinan käyrää, oli leivontatulos tällaisella taikinalla huono. Tämä on hyvä esimerkki siitä, miten farinografi ei sovellu gluteenittomien taikinoiden leivontalaadun arvioimiseen. Gluteenittomien taikinoiden reseptivariaatioita on suuri määrä, joissa veden määrä, käytetty hydrokolloidi sekä niiden määrä taikinassa vaikuttaa suuresti leivontalaatuun, minkä vuoksi eri tutkimusten välinen vertailu ei ole aina suoraviivaista.

### 3.3.4 Leivän laatuominaisuudet

Paistohäviön on todettu lisääntyvän tilavuuden kasvaessa, sillä kun leivän pinta-ala kasvaa, kasvaa myös pinta-ala, josta veden on mahdollista haihtua (Hera ym. 2012). Tässä työssä veden määrän lisääntyessä taikinassa myös paistohäviö kasvoi, mutta leipien tilavuuksissa ei nähty suuria eroja. Tyypillinen paistohäviö leivissä on 8-20 % (Sontag-Strohm ja Salovaara 2017). Tämän tutkimuksen vuoassa paistetuilla leivillä paistohäviöt olivat 15–



16 % välillä, vaikka korkea paistohäviö mielletään usein vapaasti paistettaville rapeakuorisille leiville. Myös taikinoiden korkea vesimäärä vaikutti korkeaan paistohäviöön. Vaikka ominaistilavuuksissa ei suuria eroja nähty niin leipien muoto leikkauspintoista katsottuina olivat hyvin erilaisia. Leivät olivat pyöreästi kohonneita, kun ne otettiin uunista pois, mutta jäähtyessään taikinatuloksella 200 ja 210 leipien pinnat selvästi painuivat kasaan.

Leipien sisäinen rakenne ei ollut tarpeeksi vahva ylläpitämään kohonnutta muotoa, kun taikinassa oli käytetty enemmän vettä. Tämä pienensi leipien tilavuutta. Romahtanut rakenne voi johtua myös sopimattomasta nostatusajasta ja -lämpötilasta sekä liiallisesta veden määrästä, sillä ne aiheuttavat laadun heikkenemistä leivissä ollessaan ei-optimaalisia (Sontag-Strohm ja Salovaara 2017). Myös psylliumin määrän lisääminen esimerkiksi 0,5 %:lla olisi voinut parantaa rakennetta enemmän vettä sisältävien leipien rakenteeseen. Toisaalta ilmankosteus ja -lämpötila olivat kesäkuukausina prosessilaboratoriossa hyvin korkeita verrattuna talvikuukausiin. Tämä on myös varmasti vaikuttanut koeleivonnassa merkittävästi. Lämpötilan ja ilmankosteuden vakioimisella ja myös nostatuksen, paiston ja reseptin optimoinnilla olisi todennäköisesti saatettu saada toisistaan poikkeavia tuloksia myös paistohäviön suhteen leipien välillä.

Monissa tutkimuksissa on päädytty lopputulokseen, että hydrokolloidi lisäys parantaa gluteenittoman leivän laatua kuten ominaistilavuutta, minkä vuoksi tässä työssä taikinoissa muutettiin vain veden määrää tekemättä kontrollileipää ilman hydrokolloidi lisäystä (Sciarini ym. 2010). Psylliumilla on pieninä pitoisuuksina vesiliuoksessa heikon geelin ominaisuuksia eli aidosta geelistä poiketen heikot geelit virtaavat, kun niihin kohdistetaan riittävä voima, jolloin geelirakenne hajoaa (Haque ym. 1993; Doublier ja Cuvelier 2006). Näin ollen psyllium parantaa taikinan kaasunpidätystä ja parantaa tilavuutta lisäämällä taikinan viskositeettia heikon geelin ominaisuuksillaan. Psyllium lisäksi muodostaa proteiinien kanssa jatkuvan faasin ja ohuen kerroksen tärkkelysjyvästen ympärille, jolloin tärkkelyksen turpoaminen ja gelatinisoituminen rajoittuu, mikä vaikuttaa leivän hyllyykään (Mariotti ym. 2009).

Leivän sisuksen huokoskoon huomattiin pienentyvän, kun veden määrää taikinassa lisättiin. Samankaltaisia tuloksia saivat myös Mariotti ym. tutkimuksessaan (2013). Veden määrän on huomattu vaikuttavan myös leivän kovuuteen, sillä kovuuden on todettu vähenevän veden määrän lisääntyessä ja se nähtiin myös tämän tutkimuksen tuloksissa (Hera ym. 2014). Sekä taikinatuloksen 200 että 210 leivät olivat TPA-mittauksissa

vähemmän kovia verrattuna taikinatuloksen 190 leipiin ja erot olivat tilastollisesti merkitseviä. Myös Peressinin ym. (2011) tutkimuksessa huomattiin, että veden määrän lisääntyessä leivän kovuus vähentyi. Tilavuuden taas vähentyessä kovuus kasvoi eli tutkimuksessa löydettiin positiivinen korrelaatio ominaistilavuuden ja kovuuden väliltä. Mariotti ym. (2013) ehdotti kovuuden olevan verrannollinen myös huokoskokoon. Leivän kohotessa ja kaasuaihioiden yhdistyessä rakenne romahtaa ja kaasukuplien seinät paksunevat, jolloin huokoskoko kasvaa ja leipä aistitaan kovempaan.

Korrelaatioita tutkittiin Pearsonin korrelaatiokertoimien avulla ja negatiivinen korrelaatio löytyi TPA-mittausten ja erilaisten jauhoseosten väliltä. Näin ollen voidaan todeta, että veden määrä taikinoissa vaikutti sekä leipien vanhenemiseen sekä erilaisilla jauhoseoksilla tehtyjen taikinoiden konsistenssiin. Mitä enemmän vettä taikinassa oli, sitä matalampi oli konsistenssi ja sitä vähemmän leipä kovettui ajan kuluessa. Tattarijauhasta valmistetun taikinan korrelaatiokerroin oli 0,982, joka oli korkein muiden jauhoseosten korrelaatiokertoimiin verrattuna. Voisiko tässä olla toinen mahdollinen todiste siitä, että pelkästä tattarijauhasta valmistetun taikinan konsistenssi kertoo parhaiten leivontalaadusta, kuten huomattiin jo konsistenssikäyrissä samankaltaisuudet tattaritaikinan ja leipätaikinan välillä?

Leivistä saatiin esiin hyvin eroja raadin avulla. Kuten aikaisemmin todettiin, veden määrä vaikuttaa leivän pehmeeseen ja se nähtiin myös aistinvaraisen arvioinnin tuloksissa. Leivän maun voimakkuuden ja huokoisuuden koettiin kasvavan mitä vähemmän vettä leivän valmistukseen oli käytetty. Pehmeys ja kosteus taas kasvoivat mitä enemmän vettä oli käytetty. Aistinvaraisessa arvioinnissa raadin koko oli melko pieni. Raati pyrittiin kokoamaan asiantuntijaraadiksi ja arviointien ajankohdan vuoksi se jäi tavoiteltua pienemmäksi. Fyysisten vertailunäytteiden avulla raatilaisten välisiä eroja arvioinneissa olisi mahdollisesti voitu pienentää. Jokaisella on kuitenkin henkilökohtainen tapa arvioida ja se näkyy aina tuloksissa suurena keskihajontana erityisesti, jos koulutus kyseiseen arviointiin on jäänyt vähäiseksi.

#### 4 PÄÄTELMÄT

Tutkimuksessa selvitettiin, miten gluteenittoman tattarista valmistettujen leipätaikinoiden konsistenssien yhteyttä leipien laatuominaisuuksiin kuten tilavuuteen, paistohäviöön, väriin ja pehmeeyteen sekä millaisia eroja aistinvaraisessa arvioinnissa leipien välillä syntyi. Kahden konsistenssimenetelmän, etenevän ja käänteisen ekstruusion, toimivuutta ja käyttökelpoisuutta leivonnan apuna verrattiin toisiinsa.

Käänteinen ekstruusio osoittautui toimivaksi ja tulokset olivat luotettavampia kuin etenevän ekstruusiomenetelmän. Etenevässä ekstruusiossa taikina alkoi valua näyteastian pohjasta jo ennen kuin astia saatiin paikalleen ja mittaus aloitettua mikä teki menetelmästä epäluotettavan ja vaikean hallita. Käänteisessä ekstruusiomenetelmässä taikinaa ei tarvitse siirtää toiseen astiaan mittauksen suorittamiseksi, jolloin siirrosta ja ilmakuplien poistosta johtuvat mahdolliset vaikutukset taikinassa voidaan eliminoida.

Konsistenssin ja leivän rakenteen tekstuuriprofiilianalyysin tulosten välillä oli voimakas korrelaatio, joka selittyy taikinoissa käytettyjen taikinatulosten vaihteluun. Aistinvaraisessa arvioinnissa löydettiin hyvin eroja leipien väliltä. Hyvin kohonneessa leivässä oli suurin huokoskoko ja se oli suutuntumaltaan vähiten pehmeä. Se myös koveni nopeammin kuin kaksi muuta leipää, jotka taas olivat pehmeämpiä ja huokoskooltaan pienempiä, mutta rakenne oli romahtanut.

Mielenkiintoinen jatkotutkimuksen aihe on myös tattarijauhotaikinan ja leipätaikinan konsistenssit ja niiden mahdollinen yhteys. Näillä taikinoilla konsistenssit olivat lähellä toisiaan eikä niiden välillä ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Toki on muistettava, että leipätaikina mitattiin heti ja tattaritaikina vasta 30 minuutin jälkeen valmistamisesta. Useissa tutkimuksissa on kuitenkin taikinan konsistenssia tutkittu leipätaikinalla mistä hiiva on jätetty pois, joten tutkimusta voitaisiin siltä osin muuttaa ja jatkaa. Lisäksi korrelaatiokertoimien suhteen tattarijauhosta valmistetulla taikinalla oli suurin korrelaatiokerroin kahteen muuhun jauhoseokseen verrattuna, joten tämäkin antaa viitteitä jatkotutkimuksen aiheellisuudesta.

Tulosten perusteella kuitenkin voidaan todeta, että käänteinen ekstruusio oli menetelmänä toimiva ja toistettava tattarista valmistettujen gluteenittomien taikinoiden konsistenssimittauksissa. Tässä tutkimuksessa todettiin veden osuuden kasvun pienentävän konsistenssia ja farinografilla saadut tulokset olivat täysin linjassa näiden tulosten kanssa. Aistinvaraisessa arvioinnissa leipien välillä oli eroja ja mitä enemmän vettä taikina sisälsi,

sitä pehmeämpi, kosteampi ja huokoskooltaan pienin leipä saatiin. Tämä leipä pysyi myös pidempään pehmeänä. Käänteisen konsistenssimittauksen menetelmän avulla taikinan vedensidontaa voidaan ennakoida ja optimoida leivän rakenteen ja rakenteen säilyvyyden kannalta.

Lisää tutkimusta ja mittausdataa kuitenkin vaaditaan, jotta voidaan varmuudella todeta menetelmän ennustavan leivontalaatua yleisesti gluteenittomilla taikinoilla. Lisäksi tulisi miettiä, olisiko kyse tietystä konsistenssisitasosta, jota voisi verrata leivontalaatuun. Tässä tutkimuksessa käytettiin vain tattarijauhoa, joten menetelmän optimoiminen koskemaan yleisesti gluteenittomia taikinoita vaatisi vielä tutkimusta.

## LÄHDELUETTELO

[AACC] American Association of Cereal Chemists. 1981. AACC method 44-15. Moisture –air oven method. Teoksessa: Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 10. p. St. Paul, Minnesota: AACC.

Agudelo, P. Varela, T. Sanz and S. M. Fiszman. 2014. Native tapioca starch as a potential thickener for fruit fillings. Evaluation of mixed models containing low-methoxyl pectin. Food Hydrocolloids 35. s. 297-304

Anderson J.W, Allgood L.D, Lawrence A, Altringer L.A, Jerdack G.R, Hengehold D.A, Morel J.G. 2000. Cholesterol-lowering effects of psyllium intake adjunctive to diet therapy in men and women with hypercholesterolemia: meta-analysis of 8 controlled trials. Am. J. Clin. Nutr. 71(2). s. 472–479.

Arendt E.K, Morrissey A, Moore M.M, Dal Bello F. 2008. Gluten free breads. Teoksessa: Arendt EK, Dal Bello F. Gluten Free Cereal Products and Beverages. 1. p. Academic Press: San Diego. s. 289-320.

Arendt E, Zannini E. 2013. Buckwheat. Teoksessa: Arendt E, Zannini E. Cereal grains for the food and beverage industries. Woodhead Publishing. Oxford. s. 369-40

Barmeyer C, Schumann M, Meyer T, Zielinski C, Zuberbier T, Siegmund B, Schulzke J.D, Daum S, Ullrich R. 2017. Long-term response to gluten-free diet as evidence for non-celiac wheat sensitivity in one third of patients with diarrhea-dominant and mixed-type irritable bowel syndrome. Int J Colorectal Dis. 32(1) s. 29–39

BeMiller J.N. 2008. Hydrocolloids. Teoksessa: Arendt E.K, Dal Bello F. Gluten Free Cereal Products and Beverages. 1. p. Academic Press: San Diego. s. 203-214

Biesiekierski J.R. 2017. What is gluten? J. Gastroenterol. Hepatol. 32(1) s. 78–81

Biliaderis C.G. 2009. Structural Transitions and Related Physical Properties of Starch. Teoksessa: BeMiller J, Whistler R. Starch Chemistry and Technology. Academic Press. US. 3.p. s. 293-359

Bourne M.C 2002a. Principles of Objective Texture Measurement: Teoksessa: Bourne M.C. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. Academic Press. USA. 2.p. s. 107-187

Bourne M.C 2002b. Texture, Viscosity and Food. Teoksessa: Bourne M.C. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. Academic Press. USA. 2.p s.1-26

Bread Science internetsivut. Gluten Structure. Saatavilla: <https://breadscience.weebly.com/gluten-structure.html>. Luettu 5.2.2019

Breuninger W.F, Piyachomkwan K, Siroth K. 2009. Tapioca/Cassava Starch: Production and Use. Teoksessa: BeMiller J, Whistler R. Starch Chemistry and Technology. Academic Press. US. 3.p. s. 541-564

Cauvain S. 2015a. Principles of Dough Formation. Teoksessa: Cauvain S. Technology of Breadmaking. 3. p. Springer, Witney, UK. s. 303-338

Cauvain S. 2015b. Wheat Milling and Flour Testing. Teoksessa: Cauvain S. Technology of Breadmaking. 3. p. Springer, Witney, UK. s. 339-375

Cauvain S. 2015c. Proving, Baking and Cooling. Teoksessa: Cauvain S. Technology of Breadmaking. 3. p. Springer, Witney, UK. s. 147-181

Cauvain S. 2015d. Bread Spoilage and Staling. . Teoksessa: Cauvain S. Technology of Breadmaking. 3. p. Springer, Witney, UK. s. 279-302

Catassi C, Fasano A. 2008. Celiac disease. Teoksessa: Arendt E, Bello F. Gluten-Free Cereal Products and Beverages. Elsevier Science & Technology, San Diego. s. 1-28.

Dallmann H. 1981. Porentabelle. Teoksessa: Dallman H. Verlag Moritz Schäfer: Detmold, Saksa

- Delcour J.A, Hosney R.C. 2010a. Proteins of Cereals. Teoksessa: Delcour J.A, Hosney R.C. Principles of Cereal Science and Technology. 3. p. AACC International. USA.
- Delcour J.A, Hosney R.C. 2010b. Starch. Teoksessa: Delcour J.A, Hosney R.C. Principles of Cereal Science and Technology. 3. p. AACC International. USA.
- Delcour J.A, Hosney R.C. 2010c. Dry Milling. Teoksessa: Delcour J.A, Hosney R.C. Principles of Cereal Science and Technology. 3. p. AACC International. USA.
- Doublier J.L, Cuvelier G. 2006. Gums and Hydrocolloids: Functional Aspects. Teoksessa: Eliasson A.C. Carbohydrates in food. 2. p. CRC/Taylor & Francis Boca Raton, Florida. s.233-272.
- Eliasson A.C, Gudmundsson M. 2006. Starch: Physicochemical and Functional Aspects. Teoksessa: Eliasson A.C. Carbohydrates in food. 2. p. CRC/Taylor & Francis. Boca Raton, Florida. s.391-470.
- El-Sayed M. Abdel A. 2009. Functionality of Starches and Hydrocolloids in Gluten-Free Foods. Teoksessa: Gallagher E. Gluten-Free Food Science and Technology. Wiley-Blackwell. US. s.130-180.
- Haque A, Robert R.K, Morris E.R, Dea I. 1993. Xanthan-like 'weak gel' rheology from dispersions of ispaghula seed husk. Carbohydr. Polym. 22(4) s. 223-232.
- Hardman C.M, Garioch J.J, Leonard J.N, Thomas H.J.W, Walker M.M, Lortan J.E, Lister A, Fry L. 1997. Absence of Toxicity of Oats in Patients with Dermatitis Herpetiformis. N. Engl. J. Med. 337(26) s. 1884-1887.
- Hausch F, Shan L, Santiago N.A, Gray G.M, Khosla C. 2002. Intestinal digestive resistance of immunodominant gliadin peptides. Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol. 282(4) s. 996-1003.
- He H, Hosney R.C. 1991. Differences in Gas Retention, Protein Solubility, and Rheological Properties Between Flours of Different Baking Quality. Cereal Chem. 68 s. 526-530.
- Hera E, Rosell C.M, Gomez M. 2012. Influence of maize flour particle size on gluten-free breadmaking. J Sci Food Agric 93 s. 924-932.
- Hera E, Rosell C.M, Gomez M. 2014. Effect of water content and flour particle size on gluten-free bread quality and digestibility. Food Chem. 151 s. 526-531.
- Hüttner E, Arendt E.K. 2010. Recent advances in gluten-free baking and the current status of oats. Trends Food Sci Technol 21(6) s. 303-312.
- Janatuinen E.K, Pikkarainen P.H, Kemppainen T.A, Kosma V.M, Järvinen R.M.K, Uusitupa M.I.J, Julkunen R.J.K. 1995. A comparison of diets with and without oats in adults with celiac disease. N. Engl. J. Med. 333(16) s. 1033-1037.
- Kayashita J, Shimaoka I, Nakajoh M, Kishida N, Kato N. 1999. Consumption of a Buckwheat Protein Extract Retards 7,12-Dimethylbenz[a] anthracene-Induced Mammary Carcinogenesis in Rats. Biosci. Biotechnol. Biochem. 63(10) s. 1837-1839.
- Keliakialiitto (a) internetsivut. Keliakia ja ihokeliakia sairautena. <https://www.keliakialiitto.fi/keliakia/keliakia-sairautena/>. Luettu 17.12.2018.
- Keliakialiitto (b) internetsivujen opas. Gluteenittomia tuotteita 2018 –opas [https://www.keliakialiitto.fi/site/assets/files/3157/glut\\_tuotteet2018\\_120dpi\\_rgba.pdf](https://www.keliakialiitto.fi/site/assets/files/3157/glut_tuotteet2018_120dpi_rgba.pdf). Luettu 5.2.2019.
- Keskitalo M. 2017. Ikinuori viljelykasvi tattari on jälleen ajankohtainen. Luonnonvarakeskus FutureCrops. Saatavilla <https://www.luke.fi/futurecrops/wp-content/uploads/sites/12/2017/03/Tattari.pdf>. Luettu 6.2.2019.
- Keskitalo M, Kontturi M, Mäki M, Pihlava J.M, Rantamäki P. 2006. Tattarista terveellistä popsittavaa. Maatalouden tutkimuskeskus. Saatavilla: <http://www.mtt.fi/koetoiminta/pdf/mtt-kjak-v63n03s02b.pdf>. Luettu 6.2.2019.

Killedar S.G, More H, Nadaf S, Pishawikar S. 2016. Optimization of Method for Determination of Swelling Factor of Ispaghula Seeds. *Journal of Drug Metabolism and Toxicology* 7(3).

Kim S.K, D'Appolonia B.L. 1977. Bread Staling Studies. I. Effect of Protein Content on Staling Rate and Bread Crumb Pasting Properties. *Cereal Chem* 54. s. 207 – 215.

Koehler P, Wieser H. (2013) *Chemistry of Cereal Grains*. Teoksessa: Gobbetti M., Gänzle M. *Handbook on Sourdough Biotechnology*. Springer, Boston, MA. s. 11-45.

KOMISSION ASETUS (EY) N:o 41/2009, Gluteenille intoleranteille henkilöille soveltuvien elintarvikkeiden koostumuksesta ja merkitsemisestä.  
<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:016:0003:0005:FI:PDF>.  
 Luettu 17.12.2018.

Lazaridou A, Duta D, Papageorgiou M, Belc N, Biliaderis C.G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *J. Food Eng.* 79(3) s. 1033-1047.

Lazaridou A, Biliaderis C.G. 2009. *Gluten-Free Doughs: Rheological Properties, Testing Procedures – Methods and Potential Problems*. Teoksessa: Gallagher E. *Gluten-Free Food Science and Technology*. Wiley-Blackwell. US. s 52-82.

Leipätiedotus internetsivut. Tattari. Saatavilla: <https://www.leipatiedotus.fi/tietoa-leivasta/vilja/ulkomaiset-viljat/tattari.html>. Luettu 6.2.2019.

Liu Z, Ishikawa W, Huang X, Tomotake H, Kayashita J, Watanabe H, Norihisa Kato N. 2001. Research Communication: A Buckwheat Protein Product Suppresses 1,2-Dimethylhydrazine-Induced Colon Carcinogenesis in Rats by Reducing Cell Proliferation, *J. Nutr.* 131(6) s. 1850–1853.

MacRitchie, F. 2010. Structure and properties of dough. Teoksessa: *Concepts in Cereal Chemistry*. Boca Raton: CRC Press. s. 29-40.

Mariotti M, Lucisano M, Pagani M.A, Ng P.K.W. 2009. The role of corn starch, amaranth flour, pea isolate, and Psyllium flour on the rheological properties and the ultrastructure of gluten-free doughs. *Food Res. Int.* 42(8) s. 963-975.

Mason W.R. 2009. *Starch Use in Foods*. Teoksessa: BeMiller J, Whistler R. *Starch Chemistry and Technology*. Academic Press. US. 3.p. s. 746-788.

Montonen R, Kontturi M. 1997. *Tattarin viljelytekniikka*. Maatalouden tutkimuskeskus (MTT). Jokioinen. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja, sarja A. Saatavilla: <http://www.mtt.fi/asarja/pdf/asarja14.pdf>. Luettu 6.2.2019.

Muir J.G, Varney J.E, Ajamian M, Gibson P.R. 2019. Gluten-free and low-FODMAP sourdoughs for patients with coeliac disease and irritable bowel syndrome: A clinical perspective. *Int. J. Food Microbiol.* 290 s. 237-246.

Nasaruddin F, Chin N.L, Yusof Y.A. 2012. Effect of Processing on Instrumental Textural Properties of Traditional Dodol Using Back Extrusion. *Int J Food Prop.* 15(3) s. 495-506.

Peressini D, Pin M, Sensidoni A. 2011. Rheology and Breadmaking Performance of Rice-buckwheat Batters Supplemented with Hydrocolloids. *Food Hydrocolloids.* 25(3) s. 340-349.

Peräaho M, Collin P, Kaukinen K, Kekkonen L, Miettinen S, Mäki M. 2004. Oats forms an essential part of gluten-free diet in celiac disease and dermatitis herpetiformis. *J Am Diet Assoc.* 104 s. 1148-1150.

Salovaara H. 2017a. *Leipurin kemiaa*. Teoksessa: Salovaara H, Ignatius A, Jussila A, Hurri-Martikainen M. *Leivannon teknologia – Ruokaleipä*. Suomen leipuriliitto ry. Helsinki. s. 17-43.

Salovaara H. 2017b. *Taikinanteko ja ylöslyönti*. Teoksessa: Salovaara H, Ignatius A, Jussila A, Hurri-Martikainen M. *leivannon teknologia – Ruokaleipä*. Suomen leipuriliitto ry. Helsinki. s. 84-91.

- Salovaara H, Tuukkanen K. 2017. Raaka-aineet. Teoksessa: Salovaara H, Ignatius A, Jussila A, Hurri-Martikainen M. leivonnan teknologia – Ruokaleipä. Suomen leipuriliitto ry. Helsinki. s. 45-78.
- Schiraldi A, Fessas D. 2001. Mechanism of Staling: An Overview. Teoksessa: Chinachoti P, Vodovotz Y. Bread Staling. CRC Taylor & Francis: Boca Raton, Florida. s. 1-19.
- Schober T.J. 2009. Manufacture of Gluten-Free Specialty Breads and Confectionery Products. Teoksessa: Gallagher E. Gluten-Free Food Science and Technology. Wiley-Blackwell. US. s. 130-180.
- Schoenlechner R, Siebenhandl S, Berghofer E. 2008. Pseudocereals. Teoksessa: Arendt EK, Dal Bello F. Gluten Free Cereal Products and Beverages. 1. p. Academic Press: San Diego, California. s. 150-190.
- Sciarini L.S, Ribotta P.D, León A.E, Pérez G.T. 2010. Effect of hydrocolloids on gluten-free batter properties and bread quality. *Int J Food Sci Technol.* 45(11) s. 2306-2312.
- Schwartz D, Whistler R.L. 2009. History and Future of Starch. Teoksessa: BeMiller J, Whistler R. Starch Chemistry and Technology. Academic Press. US. 3.p. s. 1-10.
- Sivaramakrishnan H.P, Senge B, Chattopadhyay P.K. 2004. Rheological properties of rice dough for making rice bread. *J.Food Eng.* 62(1) s. 37-45.
- Sontag-Strohm T, Lehtinen P, Kaukovirta-Norja A. 2008. Oat products and their current status in the celiac diet. Teoksessa: Arendt EK, Dal Bello F. Gluten-Free Cereal Products and Beverages. 1.p. Academic Press, San Diego. s. 191-202.
- Sontag-Strohm T, Salovaara H. 2017. Gluteeniton leivonta. Teoksessa: Salovaara H, Ignatius A, Jussila A, Hurri-Martikainen M. leivonnan teknologia – Ruokaleipä. Suomen leipuriliitto ry. Helsinki. s. 128-133.
- Stable Microsystems internetsivut. Texture: Measure and analyse properties: Measure cohesiveness. Saataavilla: <https://www.stablemicrosystems.com/MeasureCohesiveness.html>. Luettu 8.2.2019.
- Stable Microsystems. 2014. Texture Analysis Professional Blog. Texture Analysis in action: The Forward Extrusion Cell. Julkaistu 14.8.2014. <http://textureanalysisprofessionals.blogspot.com/2014/08/texture-analysis-in-action-forward.html>. Luettu 26.10.2018 .
- Stable Microsystems. 2015. Texture Analysis Professional Blog. Texture Analysis in action: The Back Extrusion Cell. Julkaistu 12.2.2015 <http://textureanalysisprofessionals.blogspot.com/2015/02/texture-analysis-in-action-back.html> Luettu 26.10.2018 .
- Thompson T. 2009. The Nutritional Quality of Gluten-Free Foods. Teoksessa: Gallagher E. Gluten-Free Food Science and Technology. Wiley-Blackwell. US. s. 42-51.
- Veraverbeke W.S, Delcour J.A. 2002. Wheat Protein Composition and Properties of Wheat Glutenin in Relation to Breadmaking Functionality. *Crit.Rev.Food Sci.Nutr.* 42(3) s. 179-208.
- Wang M, Guo X, Ma Y, Gao J. 2012. Buckwheat: A novel pseudocereal. Teoksessa: Yu, L, Tsao R, Shahidi F. Cereals and Pulse Nutraceutical Properties and Health Benefits. Wiley Blackwell, Pondicherry India. s. 131-146.
- Wieser H. 1996. Relation between gliadin structure and coeliac toxicity. *Acta Pzdiatr Suppl* 412 s. 3-9.
- Yu L, Xie Z, Liu W. 2012. Nutraceutical health properties of psyllium. Teoksessa: Yu, L, Tsao R, Shahidi F. Cereals and Pulse Nutraceutical Properties and Health Benefits. Wiley Blackwell, Pondicherry India. s. 149-160.
- Ziai S.A. 2009. Psyllium. Teoksessa: Sungsoo Cho S, Samuel P. Fiber Ingredients: Food Applications and Health Benefits. CRC PressTaylor & Francis Group. New York, United States of America. s.393-426.



## LIITE 1. Aistinvaraisen arvioinnin lomake

## TATTARILEIVÄN AISTINVARAINEN ARVIOINTI

Arvioinnissa keskitytään ulkonäköön, maun voimakkuuteen ja leivän rakenteeseen käsi- ja suutuntumalla arvioiden. Aloita arviointi puristamalla näytettä hellästi sormien välissä ja ota ensimmäinen puraisu etuhampailla ja vasta sitten takahampailla. Arvioitaessa merkitse näytteen koodi pystyviivalla janalle mielestäsi näytettä kuvaavalle voimakkuudelle. Huuhtelee suu vedellä näytteiden välillä. Muita havaintoja sekä kommentteja näytteistä voi kirjoittaa vapaasti paperin toiselle puolelle.

## ULKONÄKÖ

**Sisuksen huokoskoko**

Tiheä \_\_\_\_\_ Huokoinen

## FLAVORI

**Tattarin maun voimakkuus**Mieto (vehnäleipä) \_\_\_\_\_ Voimakas  
(tattari)

## SUUTUNTUMA

**Pehmeys**

Kova \_\_\_\_\_ Pehmeä

**Kumimaisuus**

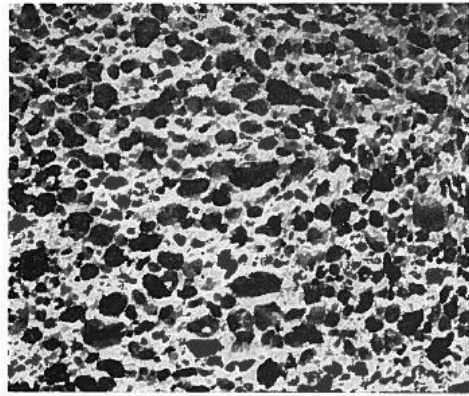
Ei kumimainen \_\_\_\_\_ Kumimainen

**Kosteus**

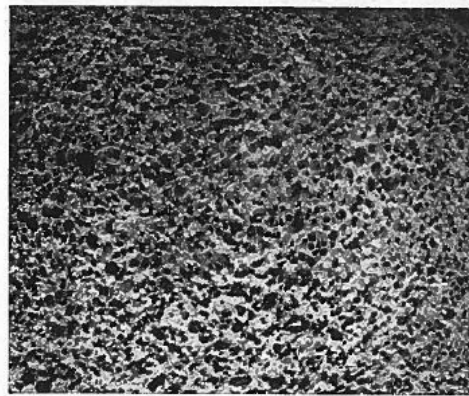
Kuiva \_\_\_\_\_ Kostea

KIITOS OSALLISTUMISESTASI!

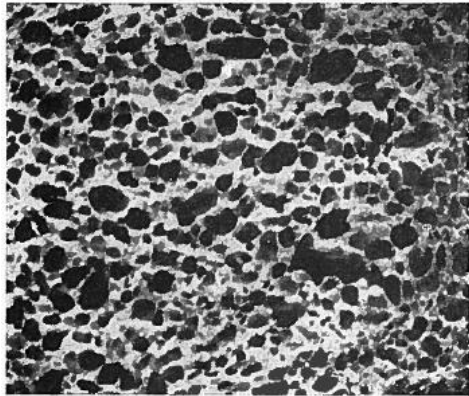
## LIITE 2. Huokoskokotaulukko (Dallmann 1981)



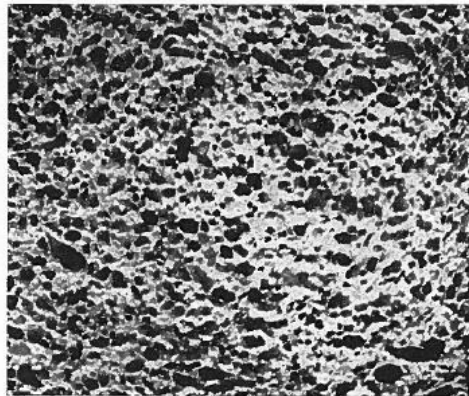
4



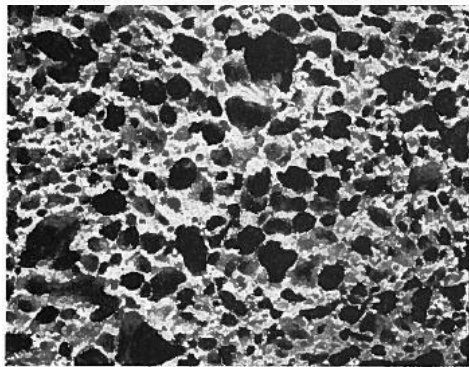
8



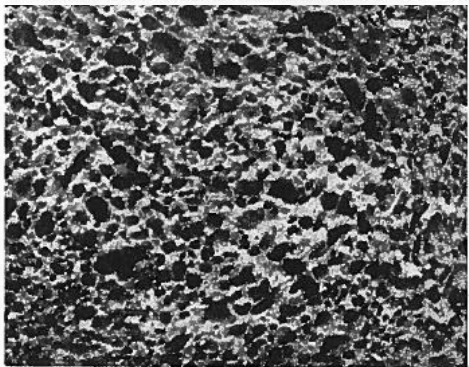
3



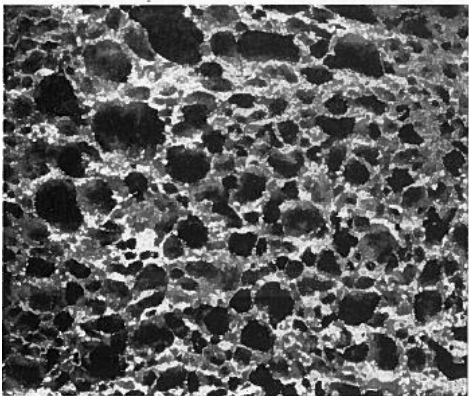
7



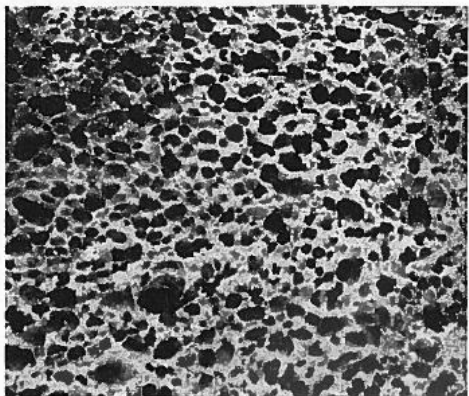
2



6



1



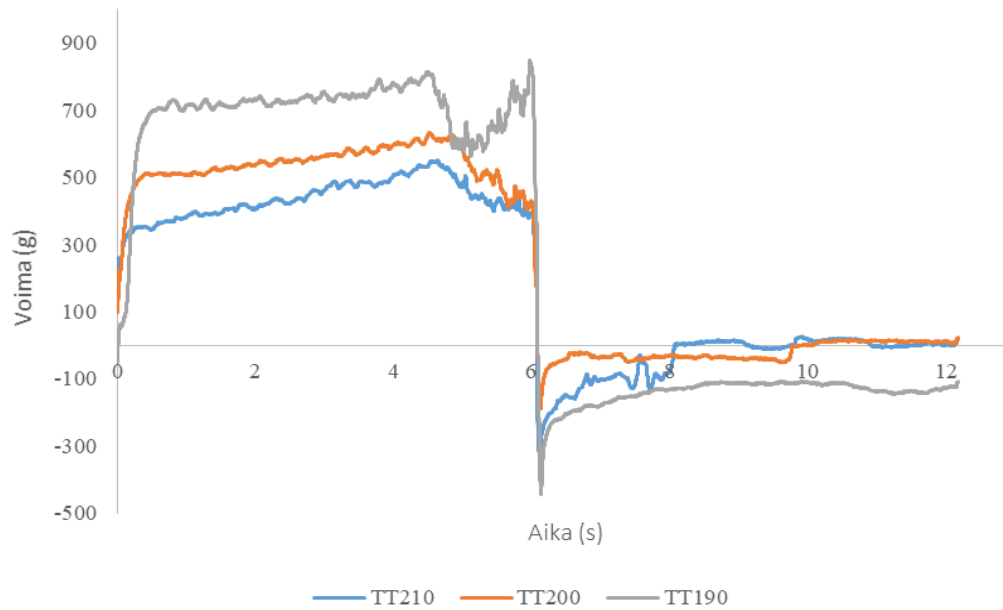
5

## LIITE 3. Raaka-aineiden kosteuspitoisuus

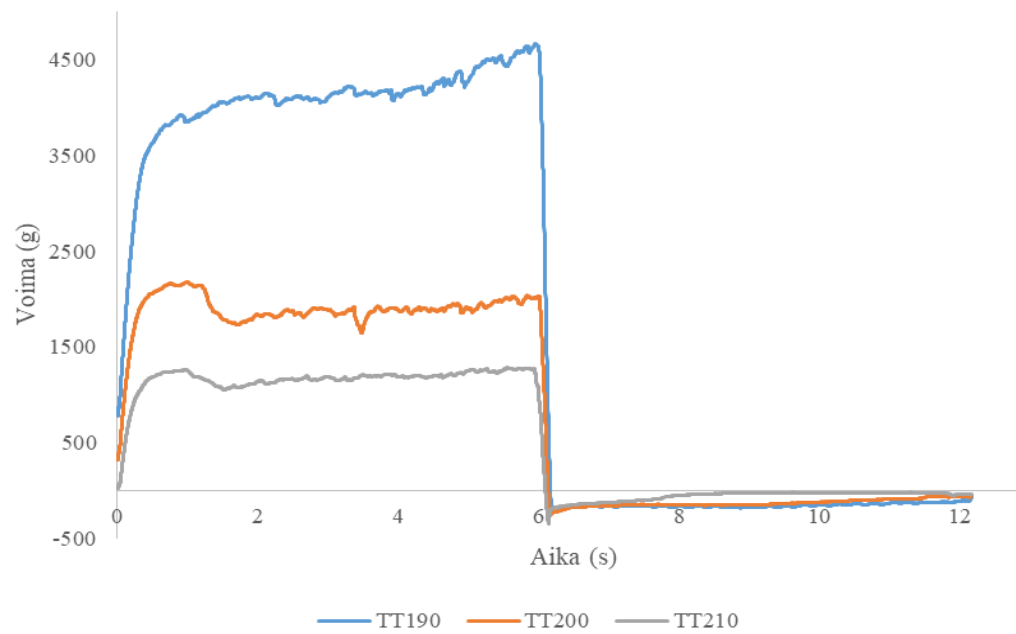
Taulukko 4. Tattarijauhojen ja tapiokatärkkelysten kosteuspitoisuuksien keskiarvot hajontoineen.

Näyte	Kosteuspitoisuus (%)
Tattarijauho 1	$10,6 \pm 0,1$
Tattarijauho 2	$12,5 \pm 0,1$
Tattarijauho 3	$12,3 \pm 0,04$
Tapiokatärkkelys 1	$11,4 \pm 0,1$
Tapiokatärkkelys 2	$11,0 \pm 0,1$

#### LIITE 4. Etenevä ekstruusio konsistenssikäyrät ja tilastolliset analyysit



Kuva 21. Tattari-tapioka sekoituksen konsistenssikäyrä: etenevä ekstruusio.



Kuva 22. Tattari-tapioka-psyllium sekoituksen konsistenssikäyrä: etenevä ekstruusio.

Taulukko 5. Kruskal- Wallisin testin tuloste erilaisten taikinatulosten ja jauhosekoitusten suhteen 5 % riskitasolla.

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of TT190 is the same across categories of Sekoitus	Independent-Samples Kruskal- Wallis Test	0,036	Reject the null hypothesis
2	The distribution of TT200 is the same across categories of Sekoitus	Independent-Samples Kruskal- Wallis Test	0,024	Reject the null hypothesis
3	The distribution of TT210 is the same across categories of Sekoitus	Independent-Samples Kruskal- Wallis Test	0,003	Reject the null hypothesis

Taulukko 6. Kruskal-Wallis testin p-arvot jauhosekoitusten parittaisesta erojen testaamisesta 5 % riskitasolla taikinatuloksella 190.

Näyte 1-Näyte 2	p-arvo
tattari-tattari+tapioka	1,000
tattari+tapioka-tattari+tapioka+psyllium	0,045
tattari - tattari+tapioka+psyllium	0,155

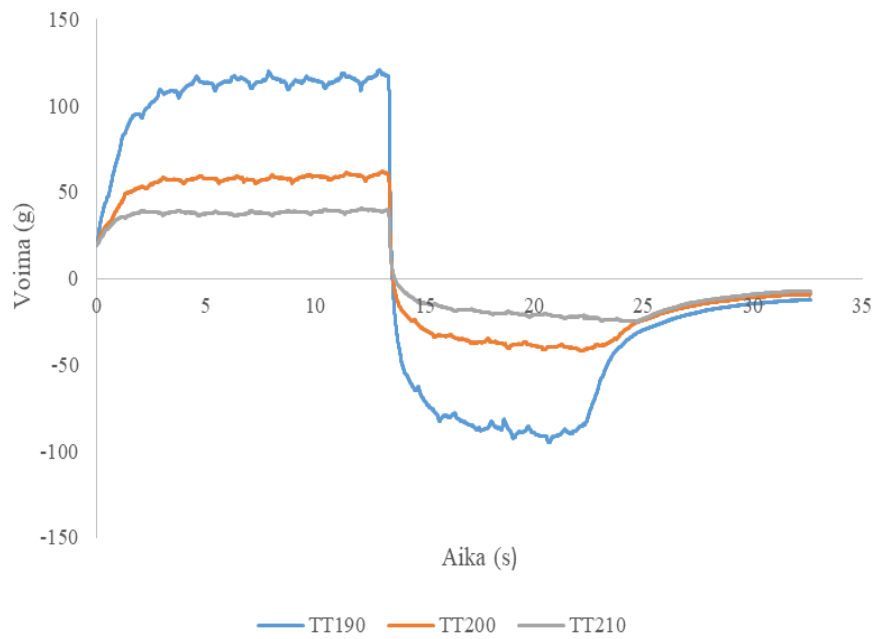
Taulukko 7. Kruskal-Wallis testin p-arvot jauhosekoitusten parittaisesta erojen testaamisesta 5 % riskitasolla taikinatuloksella 200.

Näyte 1-Näyte 2 (TT200)	p-arvo
tattari-tattari+tapioka	0,243
tattari+tapioka-tattari+tapioka+psyllium	0,022
tattari - tattari+tapioka+psyllium	1

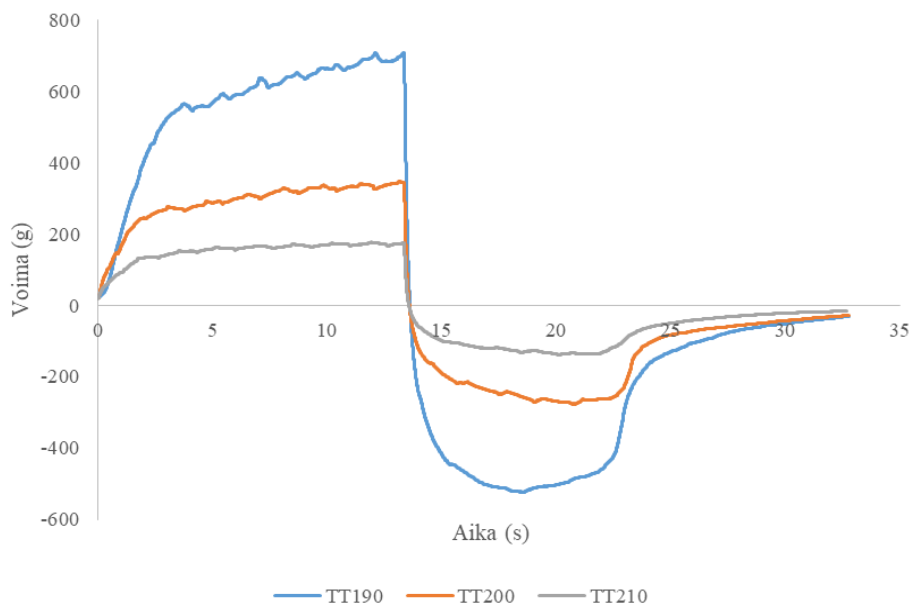
Taulukko 8. Kruskal-Wallis testin p-arvot jauhosekoitusten parittaisesta erojen testaamisesta 5 % riskitasolla taikinatuloksella 210.

Näyte 1-Näyte 2 (TT210)	p-arvo
tattari-tattari+tapioka	0,539
tattari+tapioka- tattari+tapioka+psyllium	0,022
tattari - tattari+tapioka+psyllium	0,539

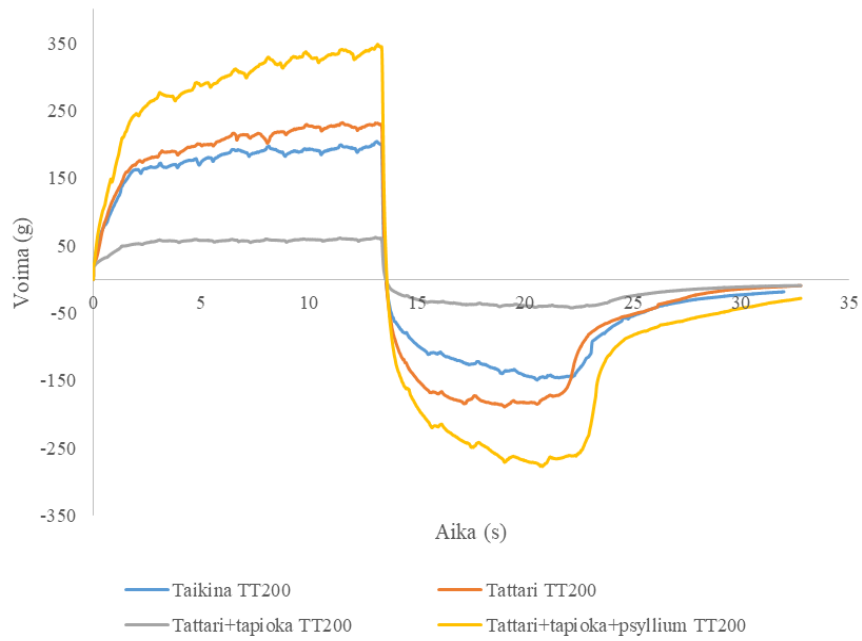
## LIITE 5. Käänteinen ekstruusio konsistenssikäyrät ja tilastollinen testaaminen



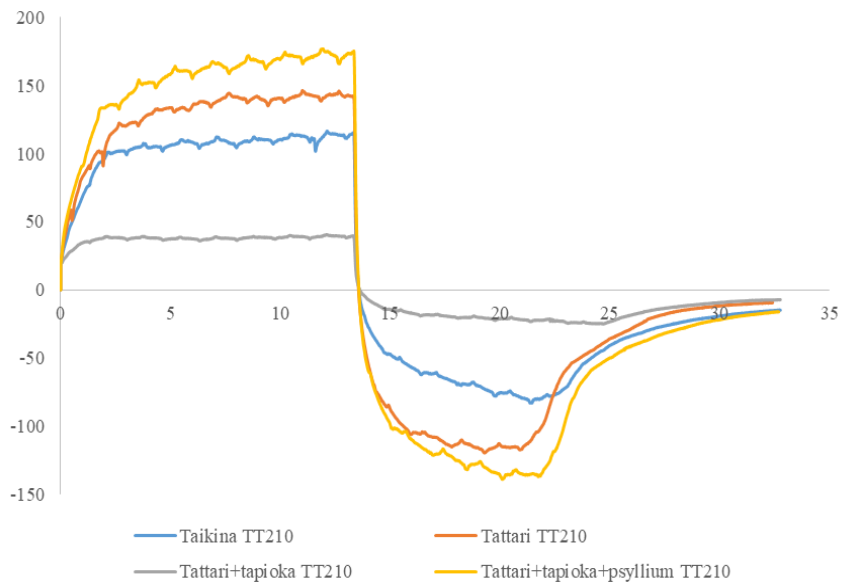
Kuva 23. Tattari-tapioka -sekoituksen konsistenssikäyrä: käänteinen ekstruusio.



Kuva 24. Tattari-tapioka-psyllium -sekoituksen konsistenssikäyrä: käänteinen ekstruusio.



Kuva 25. TT200 jauhosekoitusten ja leipätaikinan konsistenssikäyrät.



Kuva 26. TT210 jauhosekoitusten ja leipätaikinan konsistenssikäyrät.



Taulukko 9. Kruskal- Wallisin testin tuloste erilaisten taikinatulosten ja jauhosekoitusten suhteen 5 % riskitasolla.

Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1 The distribution of TT190 is the same across categories of Sekoitus	Independent- Samples Kruskal- Wallis Test	0,000	Reject the null hypothesis
2 The distribution of TT200 is the same across categories of Sekoitus	Independent- Samples Kruskal- Wallis Test	0,000	Reject the null hypothesis
3 The distribution of TT210 is the same across categories of Sekoitus	Independent- Samples Kruskal- Wallis Test	0,000	Reject the null hypothesis

Taulukko 10. Kruskal-Wallis testin tuloste p-arvoista jauhosekoitusten parittaisesta erojen testaamisesta 5 % riskitasolla taikinatuloksella 190.

Sample 1 - Sample 2	Sig.	Adj. Sig.
tattari - tattari+tapioka	0,118	0,707
tattari - tattari+tapioka+psyllium	0,003	0,015
tattari - taikina	0,184	1,000
tattari+tapioka - tattari+tapioka+psyllium	0,000	0,000
tattari+tapioka - taikina	0,002	0,014
taikina - tattari+tapioka+psyllium	0,048	0,287

Taulukko 11. Kruskal-Wallis testin tuloste p-arvoista jauhosekoitusten parittaisesta erojen testaamisesta 5 % riskitasolla taikinatuloksella 200.

Sample 1-Sample 2	Sig.	Adj. Sig.
tattari-tattari+tapioka	0,002	0,012
tattari - tattari+tapioka+psyllium	0,136	0,816
tattari-taikina	0,144	0,864
tattari+tapioka- tattari+tapioka+psyllium	0,000	0,000
tattari+tapioka-taikina	0,054	0,325
taikina- tattari+tapioka+psyllium	0,002	0,012

Taulukko 12. Kruskal-Wallis testin tuloste p-arvoista jauhosekoitusten parittaisesta erojen testaamisesta 5 % riskitasolla taikinatuloksella 210.

Sample 1-Sample 2	Sig.	Adj. Sig.
tattari-tattari+tapioka	0,001	0,004
tattari - tattari+tapioka+psyllium	0,278	1,000
tattari-taikina	0,056	0,335
tattari+tapioka- tattari+tapioka+psyllium	0,000	0,000
tattari+tapioka-taikina	0,073	0,438
taikina- tattari+tapioka+psyllium	0,002	0,011

Taulukko 13. T-testin p-arvot ei öljytn ja öljytn näytepinnan välillä 5 % riskitasolla.

Öljy/ei öljy	p-arvo
TT190	0,619
TT200	0,191
TT210	0,868

Taulukko 14. Mann-Whitney U testin tuloste erilaisten taikinatulosten ja jauhojen suhteen 5 % riskitasolla.

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of TT190 is the same across categories of Jauho	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	0,863	Retain the null hypothesis
2	The distribution of TT200 is the same across categories of Jauho	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	0,666	Retain the null hypothesis
3	The distribution of TT210 is the same across categories of Jauho	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	0,666	Retain the null hypothesis

## LIITE 6. Konsistenssimittausten tulokset

Taulukko 15. Keskiarvot, -hajonnat ja suhteelliset keskihajonnat: tattari-tapioka.

Tattari-tapioka			
	ka.	kh.	RSD %
Käänteinen			
TT190	1380	66	4,8
TT200	757	42	5,5
TT210	490	29	5,9
Etenevä			
TT190	13700	11500	84
TT200	3730	4100	110
TT210	1550	455	29

Taulukko 16. Keskiarvot, -hajonnat ja suhteelliset keskihajonnat: tattari-tapioka-psyllium.

Tattari-tapioka-psyllium			
	ka.	kh.	RSD %
Käänteinen			
TT190	7800	543	7,0
TT200	3890	402	10,3
TT210	2100	77	3,7
Etenevä			
TT190	24100	1680	7,0
TT200	12000	1280	11
TT210	7340	518	7,1

## LIITE 7. Leivontalaatu ja sen tilastollinen testaaminen

Taulukko 17. Leipien paistohäviöt ja ominaistilavuuksien keskiarvot ja keskihajonnat taikinatulosten mukaan.

	Paistohäviö (%)	Ominaistilavuus (ml/g)
TT190	15 ± 0,4	2,7 ± 0,1
TT200	16 ± 0,3	2,8 ± 0,1
TT210	16 ± 0,8	2,7 ± 0,1

Taulukko 18. Kruskal-Wallis testin tuloste paistohäviön ja ominaistilavuuden suhteen erilaisilla taikinatuloksilla 5 % riskitasolla.

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Paistohäviö is the same across categories of TT	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	0,000	Reject the null hypothesis
2	The distribution of Ominaistilavuus is the same across categories of TT	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	0,376	Retain the null hypothesis

Taulukko 19. Kruskal-Wallis testin tuloste p-arvoista paistohäviön parittaisesta erojen testaamisesta 5 % riskitasolla.

Sample 1-Sample 2	Sig.	Adj. Sig.
TT190-TT200	0,000	0,000
TT190-TT210	0,000	0,000
TT200-TT210	0,367	1,000

Taulukko 20. Keskiarvot ja keskihajonnat kuoren ja sisuksen värimittauksista.

Näyte	Leipäkuori (L*)	Leivän sisus (L*)
TT190	40,9 ± 1,9	42,8 ± 2,4
TT200	40,8 ± 2,4	44,1 ± 1,4
TT210	38,8 ± 3,0	46,0 ± 1,4

Taulukko 21. Kruskal- Wallisin testin tuloste leivän sisuksen värin suhteen erilaisilla taikinatuloksilla 5 % riskitasolla.

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Sisuksen väri is the same across categories of TT	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	0,000	Reject the null hypothesis

Taulukko 22. Kruskal-Wallis testin tuloste p-arvoista sisuksen värin parittaisesta erojen testaamisesta 5 % riskitasolla.

Sample 1-Sample 2	Sig.	Adj. Sig.
TT190-TT200	0,048	0,143
TT190-TT210	0,000	0,000
TT200-TT210	0,000	0,000

Taulukko 23. Kruskal- Wallisin testin tuloste leipien kuoren värin suhteen erilaisilla taikinatuloksilla 5 % riskitasolla.

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Kuoren väri is the same across categories of TT	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	0,001	Reject the null hypothesis

Taulukko 24. Kruskal-Wallis testin tuloste p-arvoista kuoren värin parittaisesta erojen testaamisesta 5 % riskitasolla.

Sample 1-Sample 2	Sig.	Adj. Sig.
TT190-TT200	0,002	0,006
TT190-TT210	0,002	0,005
TT200-TT210	0,981	1,000

## LIITE 8. TPA tulokset ja tilastollinen testaus

Taulukko 25. Kovuus leivissä 24 h mittauksessa.

	Kovuus 24h		
	ka	kh	RDS
TT190	348	67	19
TT200	221	27	12
TT210	174	27	15

Taulukko 26. Kovuus 48 h mittauksissa.

	Kovuus 48h		
	ka	kh	RDS
TT190	586	127	22
TT200	389	69	18
TT210	240	36	15

Taulukko 27. T-testin p-arvot näytteiden välisille eroille 5 % riskitasolla.

	p-arvo
TT190	0,000
TT200	0,000
TT210	0,000

Taulukko 28. Parittaisen t-testin p-arvot 5 % riskitasolla.

	p-arvo
190 24h - 190 48h	0,000
200 24h - 200 48h	0,000
210 24h - 210 48h	0,000

## LIITE 9. Aistinvaraisen arvioinnin tilastollinen testaus

Taulukko 29. Friendmanin kaksisuuntaisen varianssianalyysin tulostus p-arvoista 5 % riskitasolla leipien välisistä eroista ominaisuuksien suhteen.

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distributions of TT190, TT200 and TT210 are the same across categorie of Huokoisuus	Related-Samples Friendman's Two-Way Analysis of Variance by Ranks	0,000	Reject the null hypothesis
2	The distributions of TT190, TT200 and TT210 are the same across categorie of Pehmeys	Related-Samples Friendman's Two-Way Analysis of Variance by Ranks	0,000	Reject the null hypothesis
3	The distributions of TT190, TT200 and TT210 are the same across categorie of Maun voimakkuus	Related-Samples Friendman's Two-Way Analysis of Variance by Ranks	0,027	Reject the null hypothesis
4	The distributions of TT190, TT200 and TT210 are the same across categorie of Kosteus	Related-Samples Friendman's Two-Way Analysis of Variance by Ranks	0,001	Reject the null hypothesis
5	The distributions of TT190, TT200 and TT210 are the same across categorie of Kumimaisuus	Related-Samples Friendman's Two-Way Analysis of Variance by Ranks	0,122	Retain the null hypothesis

Taulukko 30. Parittaisen vertailun p-arvot ominaisuuksien ja leipien välillä 5 % riskitasolla.

Näyte 1-Näyte 2	p-arvo
1. Huokoisuus	
TT190-TT200	0,133
TT190-TT210	0,000
TT200-TT210	0,057
2. Pehmeys	
TT190-TT200	0,022
TT190-TT210	0,000
TT200-TT210	0,539
3. Maun voimakkuus	
TT190-TT200	0,539
TT190-TT210	0,022
TT200-TT210	0,539
4. Kosteus	
TT190-TT200	0,353
TT190-TT210	0,000
TT200-TT210	0,076



Taulukko 31. T-testin parivertailun p-arvot TT190 leivillä 5 % riskitasolla.

TT190	p-arvo
Pair 1 Huokoisuus_24h - Huokoisuus_48h	0,748
Pair 2 Maun voimakkuus_24h - Maun voimakkuus_48h	0,183
Pair 3 Pehmeys_24h - Pehmeys_48h	0,523
Pair 4 Kumimaisuus_24h - Kumimaisuus_48h	0,537
Pair 5 Kosteus_24h - Kosteus_48h	0,370

Taulukko 32. T-testin parivertailun p-arvot TT200 leivillä 5 % riskitasolla.

TT200	p-arvo
Pair 1 Huokoisuus_24h - Huokoisuus_48h	0,048
Pair 2 Maun voimakkuus_24h - Maun voimakkuus_48h	0,294
Pair 3 Pehmeys_24h - Pehmeys_48h	0,061
Pair 4 Kumimaisuus_24h - Kumimaisuus_48h	0,842
Pair 5 Kosteus_24h - Kosteus_48h	0,017

Taulukko 33. T-testin parivertailun p-arvot TT210 leivillä 5 % riskitasolla.

TT210	p-arvo
Pair 1 Huokoisuus_24h - Huokoisuus_48h	0,117
Pair 2 Maun voimakkuus_24h - Maun voimakkuus_48h	0,297
Pair 3 Pehmeys_24h - Pehmeys_48h	0,268
Pair 4 Kumimaisuus_24h - Kumimaisuus_48h	0,649
Pair 5 Kosteus_24h - Kosteus_48h	0,099

## LIITE 10. Korrelaatiot

Taulukko 34. Pearsonin korrelaatiokertoimet ja p-arvot.

	TT	Om. til.	TPA_24h	TPA_48h	Käänteinen T	Käänteinen T+T	Käänteinen T+T+P
TT	1	- 0,129 (-0,353)	- 0,833** (0,000)	- 0,858** (0,000)	- 0,982** (0,000)	- 0,958** (0,000)	- 0,967** (0,000)
Om.til.	- 0,129 (0,353)	1	0,154 (0,282)	0,177 (0,202)	0,074 (0,851)	- 0,015 (0,970)	0,092 (0,815)
TPA_24h	- 0,833** (0,000)	0,154 (0,282)	1	0,770** (0,000)	0,934** (0,000)	0,935** (0,000)	0,944** (0,000)
TPA_48h	- 0,858** (0,000)	0,177 (0,202)	0,770** (0,000)	1	0,942** (0,000)	0,967** (0,000)	0,935** (0,000)
Käänteinen T	- 0,982** (0,000)	0,074 (0,851)	0,934** (0,000)	0,942** (0,000)	1	0,984** (0,000)	0,990** (0,000)
Käänteinen T+T	- 0,958** (0,000)	- 0,015 (0,970)	0,935** (0,000)	0,967** (0,000)	0,984** (0,000)	1	0,980** (0,000)
Käänteinen T+T+P	- 0,967** (0,000)	0,092 (0,815)	0,944** (0,000)	0,935** (0,000)	0,990** (0,000)	0,980** (0,000)	1

± 0,000 = Pearsonin korrelaatiokerroin

(0,000) = p-arvo

\*\* Riskitaso 1 %

Taulukko 35. Pearsonin korrelaatiot arvioitavien ominaisuuksien mukaan TT190 leivällä.

190	Huokoisuus	Maun voim.	Pehmeys	Kumimaisuus	Kosteus
Huokoisuus	1	- 0,284 (0,427)	0,142 (0,695)	- 0,242 (0,500)	- 0,398 (0,254)
Maun voim.	- 0,284 (0,427)	1	- 0,008 (0,982)	- 0,049 (0,894)	0,045 (0,901)
Pehmeys	0,142 (0,695)	- 0,008 (0,983)	1	0,633* (0,05)	0,002 (0,995)
Kumimaisuus	- 0,242 (0,500)	- 0,049 (0,894)	0,633* (0,05)	1	0,438 (0,206)
Kosteus	- 0,398 (0,254)	0,045 (0,901)	0,002 (0,995)	0,438 (0,206)	1

± 0,000 = Pearsonin korrelaatiokerroin

(0,000) = p-arvo

\* Riskitaso 5 %

Taulukko 36. Pearsonin korrelaatiot arvioitavien ominaisuuksien mukaan TT200 leivällä.

200	Huokoisuus	Maun voim.	Pehmeys	Kumimaisuus	Kosteus
Huokoisuus	1	0,006	0,773**	0,661*	- 0,083
		(0,988)	(0,009)	(0,038)	(0,820)
Maun voim.	0,006	1	- 0,090	- 0,059	- 0,520
	(0,988)		(0,804)	(0,870)	(0,123)
Pehmeys	,773**	- 0,090	1	0,704*	0,097
	(0,009)	(0,804)		(0,023)	(0,790)
Kumimaisuus	,661*	- 0,059	0,704*	1	- 0,114
	(0,038)	(0,870)	(0,023)		(0,754)
Kosteus	-0,083	- 0,520	0,097	- 0,114	1
	(0,820)	(0,123)	(0,790)	(0,754)	

± 0,000 = Pearsonin korrelaatiokerroin

(0,000) = p-arvo

\* Riskitaso 5 %

\*\* Riskitaso 1 %

Taulukko 37. Pearsonin korrelaatiot arvioitavien ominaisuuksien mukaan TT210 leivällä.

210	Huokoisuus	Maun voim.	Pehmeys	Kumimaisuus	Kosteus
Huokoisuus	1	,638*	-0,182	-0,391	-0,428
		(0,047)	(0,615)	(0,264)	(0,218)
Maun voim.	,638*	1	0,059	0,126	-0,338
	(0,047)		(0,871)	(0,729)	(0,339)
Pehmeys	-0,182	0,059	1	0,297	-0,028
	(0,615)	(0,871)		(0,404)	(0,939)
Kumimaisuus	-0,391	0,126	0,297	1	0,269
	(0,264)	(0,729)	(0,404)		(0,452)
Kosteus	-0,428	-0,338	-0,028	0,269	1
	(0,218)	(0,339)	(0,939)	(0,452)	

± 0,000 = Pearsonin korrelaatiokerroin

(0,000) = p-arvo

\* Riskitaso 5 %